



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

BACIA DE APRENDIZADO COM APLICAÇÃO DO
MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA POR MEIO DO
ENFOQUE CIÊNCIA CIDADÃ – ESTUDO DE CASO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO Córrego Chapadinha/DF.

RODRIGO OLIVEIRA WERNECK

ORIENTADOR: RICARDO TEZINI MINOTI

CO-ORIENTADORA: LENORA N. LUDOLF GOMES

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL 2 EM ENGENHARIA AMBIENTAL

BRASÍLIA / DF: DEZEMBRO / 2018

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

RODRIGO OLIVEIRA WERNECK

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL.

APROVADA POR:

RICARDO TEZINI MINOTI, Dr. (Universidade de Brasília)
(ORIENTADOR)

LENORA NUNES LUDOLF GOMES, Dr. (Universidade de Brasília)
(CO-ORIENTADORA)

YOVANKA PÉREZ GINORIS, Dr. (Universidade de Brasília)
(EXAMINADOR INTERNO)

IVO AUGUSTO LOPES MAGALHÃES, Ms. (Universidade de Brasília)
(EXAMINADOR EXTERNO)

BRASÍLIA/DF, 05 DE DEZEMBRO DE 2018.

FICHA CATALOGRÁFICA

WERNECK, RODRIGO OLIVEIRA

Bacia de Aprendizado com aplicação do monitoramento de qualidade da água por meio do enfoque ciência cidadã – Estudo de caso da Bacia Hidrográfica do Córrego Chapadinha/DF [Distrito Federal] 2018.

xiv, 111 p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Ambiental, 2018)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Recursos Hídricos
3. Geotecnologias

2. Monitoramento Cidadão
4. Caracterização Ambiental

I. ENC/FT/UnB

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

WERNECK, R. O. (2018). Bacia de Aprendizado com aplicação do monitoramento de qualidade da água por meio do enfoque ciência cidadã – Estudo de caso da Bacia Hidrográfica do Córrego Chapadinha/DF. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 111p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Rodrigo Oliveira Werneck

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Bacia de Aprendizado com aplicação do monitoramento de qualidade da água por meio do enfoque ciência cidadã – Estudo de caso da Bacia Hidrográfica do Córrego Chapadinha/DF.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Ambiental / 2018.

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Rodrigo Oliveira Werneck
SQNW 109 Bloco H Apt. 402
70686-440 Brasília – DF

AGRADECIMENTOS

Primeiramente A Deus, Aos Orixás e Aos Espíritos Evoluídos que nos guiam a cada dia.

À minha Mãe Joseilde, Ao meu Pai Adilson, meu Irmão Guilherme e minha Irmã Marina que me incentivaram diuturnamente durante toda a graduação.

Ao meu orientador prof. Ricardo Tezini Minoti pela paciência, persistência, dedicação, conselhos e apoio total ao projeto desenvolvido.

À minha co-orientadora prof. Lenora Nunes Ludolf Gomes pelos conselhos, apoios, incentivos e valorização do trabalho final.

Aos meus familiares e parentes por todo apoio e incentivo durante a graduação.

Aos funcionários do laboratório de Saneamento Ambiental, do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, pelo auxílio durante as análises de laboratório.

Aos professores da Engenharia Ambiental que me incentivaram na conclusão do curso.

Ao prof. Ivo Augusto Lopes Magalhães pelo auxílio com o geoprocessamento da pesquisa.

À minha companheira Aline da Cruz Mendes pelo apoio incondicional durante o desenvolvimento da pesquisa.

Ao meu irmão de Fé, Rodrigo G. S. Romero, por toda a ajuda nas nossas pesquisas ambientais e culturais.

Aos nossos amigos e companheiros do curso de Engenharia Ambiental, além de outros cursos da UnB, pela cumplicidade, histórias vividas e conhecimento compartilhado.

À ADASA que me instruiu e me qualificou durante 2 anos de estágio realizado na agência.

Ao pós doutorando Paulino pelo apoio dado para a coleta dos dados de Cromatografia.

Ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental pelo apoio didático durante toda a graduação.

À Universidade de Brasília, por possibilitar o meu desenvolvimento profissional e pessoal.

Ao projeto AquaRipária e à prof. Carmem Correia pela parceria no monitoramento cidadão da bacia.

Ao desenvolvedor André Bargas, por colaborar com a criação do APP e site.

EPÍGRAFE



Capa do livro a Água e o Berço do Homem Americano. (Fonte: FUMDHAM, 2011).

*“A água de boa qualidade é
como a saúde ou a liberdade:
só tem valor quando acaba”*

João Guimarães Rosa

Resumo

A contribuição social para o conhecimento ecológico, especialmente o monitoramento de qualidade da água, vai além das propriedades qualitativas de um corpo d'água, representando uma colaboração da sociedade para a gestão compartilhada dos recursos hídricos. Neste sentido, o trabalho teve como objetivo monitorar a qualidade da água a partir do enfoque da ciência cidadã como forma de capacitar os cidadãos nas questões ligadas à gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do córrego Chapadinha, incentivando a participação de mais membros da comunidade na decisão do correto uso e da qualidade desejada do rio. A metodologia de pesquisa envolveu a definição do local, a caracterização ambiental da bacia hidrográfica, a aplicação um VANT no mapeamento do parque veredinha na geração de modelos tridimensionais, a integração dos voluntários, o depoimento dos voluntários, o estabelecimento de protocolos de coleta e análise dos parâmetros de qualidade da água, o monitoramento quali-quantitativo da água e a disponibilização dos dados gerados por meio de aplicativo e site. Como resultados foram obtidos a caracterização ambiental da área com os respectivos cálculos morfométricos, o georreferenciamento e processamento das imagens capturadas pelo VANT, que aperfeiçoou a nitidez das imagens da área do Parque Ecológico Veredinha e gerou modelos em três dimensões da área em questão, o monitoramento da quantidade e qualidade do Córrego Chapadinha, comparando os resultados dos parâmetros obtidos à legislação vigente, o depoimento dos cientistas cidadãos a cerca da internalização do conhecimento adquirido, o desenvolvimento de um aplicativo em formato *Android* e um site de código-fonte aberto democratizando a divulgação de informações hídricas da região. Conclui-se que o monitoramento da qualidade da água com enfoque da ciência cidadã se mostrou eficiente para capacitar os cientistas cidadãos a respeito das questões ligadas à gestão dos recursos hídricos na Sub-Bacia do Córrego Chapadinha.

Palavras Chave: 1. Recursos Hídricos; 2. Monitoramento Cidadão; 3. Geociências; 4. Caracterização Ambiental

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1. Objetivo Geral	4
2.2. Objetivos Específicos	4
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1 CIÊNCIA CIDADÃ.....	5
3.1.1 A Ciência Cidadã aplicada à Preservação e Conservação Ambiental	9
3.1.2 A Ciência Cidadã aplicada aos Recursos Hídricos	12
3.1.3 Visão Tradicional e Visão da Ciência Cidadã	15
3.1.4 Críticas e Reflexões a respeito da Ciência Cidadã.....	17
3.2 ÁGUA.....	18
3.2.1 Importância	18
3.2.2 Qualidade da água em ambientes naturais	24
3.3 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA	27
3.3.1 Programação de Monitoramento.....	27
3.4. ÁREA DE ESTUDO	30
3.4.1 Programa AquaRiparia	30
3.4.2 Região Administrativa de Brazlândia.....	31
3.4.3 Bacia Hidrográfica do Descoberto.....	33
3.5. GEOTECNOLOGIAS	35
3.5.1. Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas	35
3.5.2. Aerolevantamento com VANT	35
4. METODOLOGIA	36
4.1. ÁREA DE ESTUDO	37
4.2. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA	39
4.3. APLICAÇÃO DE VANT NO MAPEAMENTO DO PARQUE VEREDINHA E NA GERAÇÃO DE MODELOS TRIDIMENSIONAIS.	46

4.3.1.	Aeronave e Sensor	48
4.3.2.	Planejamento das missões.....	49
4.3.3.	Plano de Voo.....	50
4.3.4.	Processamento das imagens.....	50
4.4.	INTEGRAÇÃO DOS VOLUNTÁRIOS	52
4.5.	DEPOIMENTO DOS CIENTISTAS CIDADÃOS	54
4.6.	PROTOCOLOS DE COLETA E ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	55
4.7.	MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DA ÁGUA	56
4.8.	DISPONIBILIZAÇÃO E USO DOS DADOS GERADOS PELA COMUNIDADE POR MEIO DE APLICATIVOS PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS	58
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
5.1.	CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA.....	59
5.2.	GEORREFERENCIAMENTO E PROCESSAMENTO DAS IMAGENS DO VANT 74	
5.3.	MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DA ÁGUA	79
5.4.	DEPOIMENTO DOS CIENTISTAS CIDADÃOS	90
5.5.	APLICATIVO PARA CELULAR E SITE	94
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	100
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102

Lista de Figuras

Figura 3. 1 - Símbolo do projeto SAVE Brasil: Cidadão Cientista (Fonte: SIBBR, 2018).....	12
Figura 3. 2 – Usos múltiplos da água.....	22
Figura 3. 3 - Enquadramento dos corpos hídricos em relação à qualidade da água. Fonte: Observatório da Governança das Águas (2017).	26
Figura 3. 4 - Pontos de monitoramento estadual de qualidade de água no Brasil em 2014. (Fonte: ANA, 2016).	28
Figura 3. 5 – Localização das macrorregiões administrativas do Distrito Federal. Fonte: (Distrito Federal, 2018).	31
Figura 3. 6 – Climograma de Brazlândia/DF com variação mensal de pluviosidade e temperatura. (Fonte: CLIMATE DATA, 2018).	32
Figura 3. 7 - Sub-Bacias de estudo do alto rio Descoberto (DF/GO). Fonte: (FERRIGO, 2014).....	34
Figura 4. 1 – Fluxograma metodológico da sequência das etapas do projeto.	37
Figura 4. 2 – Mapa de Localização do ponto de estudo do projeto, na Escola Parque da Natureza de Brazlândia.....	38
Figura 4. 3 - Área Mapeada parte 1 - Montante.	47
Figura 4. 4 - Área Mapeada parte 2 - Médio.....	47
Figura 4. 5 - Área Mapeada parte 3 - Jusante.....	48
Figura 4. 6 – Mavic Pro. Exemplar do VANT utilizado na captura das imagens. Fonte: DJI, (2018).....	49
Figura 4. 7 – Fluxograma básico de VANT para a obtenção de produtos cartográficos. Fonte: Adaptado de (ATAÍDE, 2016).....	49
Figura 4. 8 – Plano de voo da área em estudo na bacia hidrográfica do Córrego Chapadinha - Brazlândia/DF.	50
Figura 4. 9 – Produtos obtidos nas etapas de processamento das imagens de VANT no programa Pix4Dmapper.	52
Figura 4. 10 – EcoKit utilizado nas análises de qualidade da água. Fonte: ALFAKIT (2018).....	53
Figura 5. 1 - Mapa de Geomorfologia da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.	59

Figura 5. 2 – Mapa de Geologia da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.	60
Figura 5. 3 – Mapa de Solos da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.	61
Figura 5. 4 – Mapa de Uso e Ocupação da Terra da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.	63
Figura 5. 5 – Mapa de Altimetria da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.	63
Figura 5. 6 – Mapa da APA do Descoberto na Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.	64
Figura 5. 7 – Mapa de APP dos Recursos Hídricos na Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.	65
Figura 5. 8 – Mapa de Evolução Urbana da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.	66
Figura 5. 9 – Mapa de Diversidade de Usos Urbanos da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.	67
Figura 5. 10 – Mapa de Enquadramento dos Corpos Hídricos as Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.	68
Figura 5. 11 – Mapa de composição RGB da imagem de satélite do LandSat 8, da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.	68
Figura 5. 12 – Mapa de Clinografia da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.	69
Figura 5. 13 – Mapa de Hipsometria da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.	70
Figura 5. 14 – Mapa de Hierarquização Fluvial da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.	70
Figura 5. 15 - Mapa de Localização do Ortofotomosaico do Parque Ecológico Veredinha, Brazlândia/DF.	75
Figura 5. 16 - Ortofotomosaico do Parque Ecológico Veredinha, Brazlândia/DF.	75
Figura 5. 17 - Modelo Digital de Superfície do Parque Ecológico Veredinha, Brazlândia/DF.	76
Figura 5. 18 - Mapa de Curvas de Nível do Parque Ecológico Veredinha, Brazlândia/DF.	77
Figura 5. 19 - Modelo 3D do Parque Ecológico Veredinha, Brazlândia/DF – Montante.	78

Figura 5. 20 - Modelo 3D do Parque Ecológico Veredinha, Brazlândia/DF – Médio.	78
Figura 5. 21 – Modelo 3D do Parque Ecológico Veredinha, Brazlândia/DF – Jusante.	78
Figura 5. 22 – Foto adquirida pelo VANT Mavic Pro na Região Administrativa de Brazlândia/DF.	79
Figura 5. 23 – Visita ao Parque Ecológico do Veredinha com os cientistas cidadãos, Brazlândia/DF. Fonte: próprio autor (2018).	81
Figura 5. 24 - Coleta de dados nº 7 do monitoramento cidadão em 19 de novembro de 2018. Fonte: próprio autor (2018).	81
Figura 5. 25 – Evolução dos parâmetros de qualidade da água do Córrego Chapadinha, indicador Oxigênio Dissolvido.	83
Figura 5. 26 - Evolução dos parâmetros de qualidade da água do Córrego Chapadinha, indicadores pH e Temperatura.	84
Figura 5. 27 - Evolução dos parâmetros de qualidade da água do Córrego Chapadinha, indicadores Amônia, Nitrito e Nitrato.	85
Figura 5. 28 - Evolução dos parâmetros de qualidade da água do Córrego Chapadinha, indicadores Coliformes Totais e <i>E. coli</i> .	86
Figura 5. 29 - Evolução dos parâmetros de quantidade da água do Córrego Chapadinha, indicador vazão (l/s).	87
Figura 5. 30 – Oficina de integração dos cientistas cidadãos no Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.	90
Figura 5. 31 - Desenho do córrego Chapadinha parte 1, cientista cidadã nº 3.	92
Figura 5. 32 - Desenho do córrego Chapadinha parte 1, cientista cidadã nº 4.	92
Figura 5. 33 – Interface gráfica do aplicativo Eco Cidades Brazlândia – Parâmetros de Qualidade da Água.	95
Figura 5. 34 – Interface gráfica do aplicativo Eco Cidades Brazlândia – Inserção do valor medido.	95
Figura 5. 35 - Interface gráfica do aplicativo Eco Cidades Brazlândia – Inserção da imagem.	96
Figura 5. 36 - Interface gráfica do aplicativo Eco Cidades Brazlândia – Outros Problemas ambientais.	96
Figura 5. 37 – Página inicial do site desenvolvido para o projeto ciência cidadã.	97
Figura 5. 38 - Página do site desenvolvido para o projeto ciência cidadã – como contribuir.	98
Figura 5. 39 – Página do Site desenvolvido no projeto ciência cidadã – Mídias.	98

Lista de Tabelas

Tabela 4. 1 – Classes de declividade. Fonte: Embrapa (1979).	40
Tabela 4. 2 - Parâmetros de qualidade da água e faixas de detecção presentes no EcoKit.	54
Tabela 4. 3 – Parâmetros e métodos utilizados para as análises de qualidade da água na UnB.	55
Tabela 5. 1 – Tipologias de Uso e Ocupação da Terra, em área (km ²) e porcentagem (%) da bacia.	62
Tabela 5. 2 - Evolução Urbana da Região Administrativa de Brazlândia com área em hectares e porcentagem da área urbana.	65
Tabela 5. 3 - Características Morfométricas da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.	71
Tabela 5. 4 - Valores dos padrões de qualidade da água e faixa de detecção do Ecokit para cada parâmetro.	82

Lista de Abreviações

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADASA – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal
ANA – Agência Nacional de Águas
ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil
APA – Área de Proteção Ambiental
APP – Áreas de Preservação Permanente
APP – Aplicativo de Celular
APHA – American Public Health Association
AWW – Alabama Water Watch
AWWA – American Water Works Association
CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CSV – Comma Separated Values
CPRM – Serviço Geológico do Brasil
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO – Demanda Química de Oxigênio
DF – Distrito Federal
DSM – Modelo Digital de Superfície
ECSA – European Citizen Science Association
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENC – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília
EPA – Environmental Protection Agency
EPNBrazlândia – Escola Parque da Natureza de Brazlândia
EUA – Estados Unidos da América
FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FUMDHAM – Fundação Museu do Homem Americano
FWW – Fresh Water Watch
GO – Estado de Goiás
GWW – Global Water Watch

IBRAM – Instituto Brasília Ambiental
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IQA – Índice de Qualidade de Água
MDE – Modelo Digital de Elevação
NBR – Norma Brasileira
NDVI - Normalized Difference Vegetation Index,
ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONG – Organização Não Governamental
ONU – Organização das Nações Unidas
OMS – Organização Mundial de Saúde
OPAL – OPen Air Laboratories
PDAD – Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios
PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos
PNQA – Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas
QGIS – Software Quantum GIS
RA IV – Região Administrativa IV
RIDE – Região Integrada de Desenvolvimento
RNQA – Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade das Águas
SEPA – Serviço de Proteção Ambiental Escocês
SIG – Sistema de Informações Geográficas
SR – Sensoriamento Remoto
SBCR – Sub-Bacia do Córrego Chapadinha
SNIRH – Sistema Nacional de Informação sobre Recursos Hídricos
UnB – Universidade de Brasília
UC – Unidade de Conservação
UH – Unidades Hidrológicas
VANT – Veículo Aéreo Não Tripulado
V. M. P – Valores Máximos Permitidos
ZOOPE – Portal de Zoologia de Pernambuco
WPCF – Water Pollution Control Federation

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento não existe de forma isolada, nem tampouco a compreensão de temas de difícil acesso por parte da população. De maneira sutil, porém, poderosa, a educação, o treinamento, as informações públicas, as tradições culturais, as novas mídias e as telecomunicações interagindo umas com as outras são capazes de influenciar o modo como as pessoas se comportam e respondem às mudanças do mundo a sua volta. Conscientização pública, envolvimento da comunidade e inclusão de todos nas tomadas de decisão, são fatores chaves para alcançar os objetivos delineados (UNESCO-WWAP, 2003).

Nesse contexto, o mesmo autor reforça que, ferramentas tecnológicas, como computadores, sistemas de informações geográficas (SIG) e bases de dados computacionais são quase irrelevantes desde que milhões de pessoas são privadas de educação básica, saúde, alimentação e água potável. O conhecimento é crucial para a melhoria das condições de trabalho e de vida, para a conservação do meio natural, para realçar a participação popular e fortalecer democracias, em suma, para o desenvolvimento ecológico e econômico da humanidade.

Gerar e disseminar esse conhecimento requer vontade políticos atrelados a investimentos públicos e privados, de modo a incluir os mecanismos de educação, facilitando a pesquisa científica, capacitando jovens, adultos e idosos, além de procurar reduzir as desigualdades econômicas e sócias de acesso à informação entre ricos e pobres (UNESCO-WWAP, 2003).

A múltipla funcionalidade da água atrelada à visão de bem comum considerado essencial à satisfação das necessidades fundamentais de existência dos seres humanos, se faz necessária a sua preservação para otimizar a eficiência em seu uso, mediante estímulos específicos, tais como trabalhos em comunidades aplicando-se as medidas que contribuam para a sensibilização dos principais participantes envolvidos e portadores da responsabilidade de manutenção dos ecossistemas por meio do monitoramento da qualidade e quantidade da água (MELO e GATTO, 2014).

O Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas – PNQA- instituído pela Agência Nacional de Águas certifica a proveniência do conhecimento

adequado sobre a qualidade das águas superficiais brasileiras, favorecendo a formação de novas políticas públicas voltadas à preservação da qualidade da água em corpos d'água. Uma de suas estratégias relacionadas à infraestrutura e pessoal, é a troca e o diálogo com pessoas envolvidas no monitoramento da qualidade da água para seus múltiplos usos (ANA, 2016).

A sustentabilidade de uma região requer a integração da gestão em defesa do patrimônio cultural do local, a partir do mapeamento da realidade hídrica, que podem repercutir positivamente na questão quali-quantitativa do recurso natural, assim como nas questões sociais relacionadas à qualidade de vida da comunidade. Projetos com o enfoque no desenvolvimento socioambiental da região possibilitam, inclusive, o desenvolvimento econômico da região, através de ações destinadas à promoção da qualidade ambiental local, com a consequente valorização da trabalhadora rural, reforçando o papel das mulheres nesse processo, e o consequente desenvolvimento local (FUNDHAM, 2011).

À vista disso, a ciência cidadã é um enfoque de ação que pode contribuir para a sensibilização da população diretamente envolvida com os ambientes aquáticos, envolvendo-os ativamente nas atividades científicas, que por sua vez, geram novos conhecimentos e compreensões a respeito do gerenciamento dos recursos hídricos. Esse processo faz com que os voluntários, pertencentes à bacia hidrográfica em que está situado o processo educativo, possam atuar como contribuidores-colaboradores, assumindo um papel de protagonistas no projeto de proteção do meio natural (ECSA, 2015).

Na bacia de aprendizagem, o recurso natural tem como função auxiliar as trocas de conhecimento, servindo como meio de internalização do conteúdo de maneira lúdica. É por meio de um processo de monitoramento-aprendizado que o cidadão cientista compreende os benefícios que um ambiente aquático pode trazer para uma comunidade. Tanto a formação do facilitador quanto a dos cidadãos cientistas beneficia-se quando ocorrem dinâmicas envolvendo a participação direta em experiências metodológicas, didáticas, que facilitem o entendimento do assunto abordado (LENZ, 2015).

O presente trabalho consiste na continuação e ampliação de uma vertente de pesquisa que está sendo desenvolvida na área de recursos hídricos do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - ENC da Universidade de Brasília para a aplicação do monitoramento cidadão da qualidade da água como uma forma de fortalecer e complementar o método tradicional de monitoramento. A primeira experiência de aplicação do enfoque da ciência cidadã no monitoramento qualitativo dos recursos hídricos no ENC/UnB foi desenvolvida por Palma (2016), com estudo de caso realizado na bacia do Ribeirão Rodeador em Brazlândia/DF. O projeto teve sequência com o trabalho de Costa (2017), dando continuidade ao projeto anterior, na mesma bacia hidrográfica. Um terceiro trabalho foi desenvolvido por Semrau (2017), com base em estudo de caso na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Maria, município do Novo Gama, Estado de Goiás.

Com vista a atender as normas e diretrizes descritas na Política Nacional dos Recursos Hídricos, o presente trabalho visa contribuir para o desenvolvimento de uma nova realidade político-ambiental, por meio das atividades de integração entre a universidade e a comunidade, com ênfase na importância da gestão dos recursos hídricos de maneira descentralizada e baseada na participação dos usuários e da sociedade (BRASIL, 1997).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Monitorar a qualidade da água a partir do enfoque da ciência cidadã como forma de capacitar os cidadãos nas questões ligadas à gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do córrego Chapadinha, Região Administrativa de Brazlândia/DF.

2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar a bacia hidrográfica do córrego Chapadinha por meio de técnicas de geoprocessamento e índices morfométricos;
- Preparar o grupo escolhido na comunidade para a participação cidadã no monitoramento da qualidade da água;
- Avaliar comparativamente os resultados obtidos no monitoramento da qualidade da água pela abordagem ciência cidadã e por métodos tradicionais de pesquisa científica;
- Desenvolver um aplicativo para dispositivos móveis para disponibilização e divulgação de dados monitorados junto à comunidade.
- Registrar e avaliar as percepções dos participantes quanto à abordagem da ciência cidadã no monitoramento de corpos hídricos.
- Realizar um aerolevantamento de imagens com VANT a fim de gerar produtos cartográficos das áreas mapeadas e suas respectivas modelagens tridimensionais.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CIÊNCIA CIDADÃ

Ciência Cidadã é uma parceria entre cientistas e voluntários na condução de uma pesquisa científica, tendo como visão a ciência de todos, por todos e para todos. Assim, todo projeto de ciência cidadã deve trazer um benefício tangível para as pessoas (PONCIANO *et al.*, 2014). Define-se o termo como a prática de engajar o público em um projeto científico (MCKINLEY *et al.*, 2016).

De acordo com a Associação Européia de Ciência Cidadã (ECSA), a ciência cidadã é um conceito flexível que pode ser adaptado e aplicado a diversas situações e disciplinas. (ECSA, 2015). Um cidadão cientista é um voluntário que coleta e/ou processa dados como parte de uma investigação científica. Projetos que envolvem cientistas cidadãos estão surgindo a cada dia, particularmente na ecologia e nas ciências ambientais, embora as raízes da ciência cidadã se remetam aos primórdios da própria ciência moderna. (SILVERTOWN, 2009).

De acordo com o mesmo autor, há dois séculos, ser cientista nunca deu dinheiro. A ascensão da ciência como uma profissão remunerada é relativamente recente, se datando da metade do século 19. Enquanto que os cientistas cidadãos nunca desapareceram, particularmente na arqueologia, astronomia e história natural, nas quais uma observação cautelosa pode ser mais importante do que o emprego de equipamentos sofisticados.

Atualmente, através do advento da tecnologia, a ciência cidadã está mais difundida, ou seja, possui maior potencial para ser desenvolvida por um número maior de pessoas, ao contrário da época na qual surgiu, onde o enfoque era conhecido e acessado por poucos.

Ao redor do mundo, milhares de projetos de pesquisa estão engajando milhões de indivíduos, muitos deles voluntários treinados na coleta, categorização, transcrição e análise de dados. Projetos como estes são conhecidos como projetos de ciência cidadã.

A maioria dos projetos obtém ou gerencia informações científicas em escalas ou resoluções inatingíveis por pesquisadores individuais ou equipes de pesquisa, seja por registrar milhares de pessoas coletando dados em vários continentes, recrutando pequenos exércitos de participantes para categorizar grandes quantidades de dados disponíveis na internet ou organizando pequenos grupos de voluntários para resolver problemas locais (BONNEY *et al.*, 2014).

Durante as últimas duas décadas, o número de projetos de ciência cidadã, junto com relatórios científicos e artigos revisados por pares resultantes de seus dados, expandiram-se tremendamente. Grande parte desse crescimento resulta da internalização da Internet na vida cotidiana, o que aumentou substancialmente a visibilidade, a funcionalidade e a acessibilidade do projeto. As pessoas que são apaixonadas por um assunto podem localizar rapidamente um projeto de ciência cidadã, bastando apenas seguir suas instruções, enviar dados diretamente para bancos de dados *online* e participar de uma comunidade de pesquisa.

O projeto mais antigo de ciência cidadã é, provavelmente, a Contagem de Pássaros Natalina, gerido pela Sociedade Nacional Audubon (*National Audubon Society*), que está em atividade, desde 1900, com sede nos Estados Unidos da América - EUA (AUDUBON, 2018). Enquanto que, na Grã Bretanha, o Conselho Britânico de Ornitologia foi fundado em 1932 com a finalidade de agregar os esforços de observadores de pássaros em benefício da ciência e da conservação da natureza. Estes dados contribuem para a base de dados rede nacional de biodiversidade (*National Biodiversity Network*), sendo a maioria dos dados coletados por naturalistas amadores. (SILVERTOWN, 2009).

Em função da capacidade de geração de dados e análises, temporal e espacial, a ciência cidadã manifesta-se como uma abordagem de pesquisa bastante integradora e complementar à pesquisa da ciência tradicional, com ambas focadas nas aplicações em diversos campos científicos (PALMA, 2016). Em contraposição, o guia para ciência cidadã afirma que o termo é restrito a estudos da biodiversidade e informações ambientais que contribui para a expansão do conhecimento do ambiente natural, incluindo monitoramento, coleta ou interpretação de observações ambientais (TWEDDLE *et al.*, 2012).

Ciência cidadã é um importante enfoque aplicável a inúmeras aplicações como: resolução de conflitos socioambientais, restauração ecológica, observação de fauna e flora, dentre outras. Conceito, ainda em expansão no Brasil, foi utilizado no projeto “Ciência Cidadã: assegurando a vida, a floresta e o carbono na terra”, com o intuito de fazer a restauração ecológica de APP’s próximas às nascentes com participação de voluntários na identificação dos locais de reflorestamento empregando um aplicativo de celular (ECOIA, 2017). Este tipo de enfoque veio para provar que todos podem contribuir e participar na conservação dos recursos naturais, utilizando a tecnologia para unir as pessoas.

A ciência cidadã representa a participação pública na pesquisa científica, essa atitude tem se mostrado efetiva em diferentes resultados, de acordo com a estrutura do projeto. Tais resultados incluem contribuições para a pesquisa científica, ocasionando o aumento de publicações e tomadas de decisões ambientais, por meio do aumento de habilidades e conhecimentos pessoais construídos pelos indivíduos que participam desses programas que integram o Estado e a população (GRAY *et al.*, 2016).

A enorme escala e complexidade dos problemas ambientais atuais representam sérios desafios para as áreas de biologia da conservação, manejo de recursos naturais e proteção ambiental. A ciência cidadã oferece uma ferramenta poderosa para enfrentar esses desafios (MCKINLEY *et al.*, 2016).

O levantamento de dados de um projeto é essencial para o desenvolvimento de pesquisas e trabalhos que auxiliam nas tomadas de decisões e corrobora na formação do público, em conjunto com a participação de voluntários. A ciência cidadã é indistinguível da ciência convencional, ambas lideradas por cientistas pagos em organizações acadêmicas, governamentais, sem fins lucrativos ou comerciais, e realizados por diversos cientistas profissionais e técnicos ou estudantes pagos. Tanto a ciência cidadã quanto a ciência convencional usam uma variedade de métodos para atingir diferentes objetivos, incluindo pesquisa básica, gestão e educação. A ciência cidadã é ciência (com a inclusão de voluntários) e deve ser tratada como tal na sua concepção, implementação e avaliação (MCKINLEY *et al.*, 2016).

A ciência cidadã está ganhando força, mas os projetos de ciência cidadã variam em sua capacidade de fornecer dados úteis para pesquisa e conservação. Trindade *et al.* (2015) revisaram a eficácia de várias abordagens cidadão-ciência e recomendaram

uma série de ações que poderiam melhorar o impacto e a utilidade dos dados da ciência cidadã. Isso incluiu incorporar técnicas de amostragem mais rigorosas em processos de coleta de dados não estruturados, melhorando a qualidade dos dados, ampliando a comunidade de usuários de dados e melhorando a comunicação entre aqueles que usam os dados e aqueles que os coletam (SULLIVAN *et al.*, 2014).

Segundo a Associação Europeia de Ciência Cidadã, existem dez princípios que são base para boas práticas em ciência cidadã (ECSA, 2015):

- Os projetos de ciência cidadã envolvem ativamente os cidadãos nas atividades científicas o que gera novo conhecimento e compreensão. Os cidadãos podem atuar como contribuintes, colaboradores ou como líderes de projetos e assumir um papel significativo no projeto;
- Os projetos de ciência cidadã produzem resultados científicos válidos, comprovados por profissionais da área. Por exemplo, respondendo a uma pergunta de investigação, ou colocando em prática ações de conservação, decisões de gestão ou políticas ambientais;
- Tanto os cientistas como os cidadãos cientistas beneficiam da sua participação nos projetos de ciência cidadã. Os benefícios podem incluir a redução nas incertezas da investigação, oportunidades de aprendizagem, prazer pessoal, benefícios sociais, satisfação através da contribuição em evidências científicas para, por exemplo, encontrar respostas para questões com relevância local, nacional ou internacional e, desta forma, influenciar políticas na área;
- Os cidadãos cientistas podem, caso queiram, participar em várias etapas do processo científico. O que pode incluir o desenvolvimento de uma questão científica, o delineamento dos métodos a utilizar, a aquisição e análise dos dados e a comunicação dos resultados;
- Os cidadãos cientistas recebem o *feedback* do projeto sobre, por exemplo, como os dados adquiridos estão sendo usados e quais os resultados no campo da investigação, política e social;
- A ciência cidadã é considerada como abordagem de investigação como qualquer outra, com limitações e enviesamentos que devem ser considerados e controlados. Contudo, ao contrário das abordagens científicas tradicionais, a ciência

cidadã providencia oportunidades para um maior envolvimento do público e uma democratização da ciência;

- Dados e metadados resultantes de projetos de ciência cidadã são de domínio público e sempre que possível publicado em formato de acesso livre. A partilha de dados pode acontecer durante ou depois do projeto, a menos que existam motivos de segurança e privacidade que o impeçam;
- A contribuição dos cidadãos cientistas é reconhecida publicamente nos resultados dos projetos e nas publicações;
- Os programas de ciência cidadã são avaliados pelos seus resultados científicos, qualidade dos dados, experiência para os participantes e abrangência dos impactos sociais e políticos;
- Os responsáveis de projetos de ciência cidadã têm em consideração questões legais e éticas relativas aos direitos autorais, propriedade intelectual, acordos sobre partilha de dados, confidencialidade, atribuição e impacto ambiental de qualquer atividade.

De modo que o relatório do Serviço de Proteção Ambiental Escocês – SEPA - afirma que os dados advindos da Ciência Cidadã são confiáveis e podem ser utilizados para trabalhos científicos. Cada vez mais, projetos com enfoque da Ciência Cidadã estão incorporando validação de dados e etapas de verificação garantindo que os dados obtidos sejam de reconhecida qualidade (POCOCK, 2014).

3.1.1 A Ciência Cidadã aplicada à Preservação e Conservação Ambiental

Muitas vezes usados para designar a mesma coisa, a preservação e a conservação, expressam ideias que têm origem em raízes e postura distintas. Conservacionismo e preservacionismo são correntes ideológicas que representam relacionamentos diferentes do ser humano com a natureza. Na preservação, enfoca-se a natureza sem a interferência humana e sem pensar no uso que determinados elementos poderiam representar, com isso, tornou-se sinônimo de salvar espécies, áreas naturais, ecossistemas e biomas.

Já a visão conservacionista, contempla o amor pela natureza, mas permite o uso sustentável e assume um significado de salvar a natureza para algum fim ou

integrando o ser humano. Com isso, na conservação a participação humana precisa de harmonia e tem como objetivo proteger o meio ambiente (PADUA, 2006).

Dentre as diversas aplicações e contribuições da ciência cidadã, destacam-se os projetos aplicados à proteção e preservação ambiental, no que tange à preservação de espécies nativas, à observação de pássaros e à conservação do ambiente. (SILVERTOWN, 2009 e SULLIVAN *et al.*, 2014).

(SILVERTOWN, 2009) resalta alguns projetos, bem sucedidos, que possuem o engajamento da ciência cidadã em suas metodologias. Dentre os trabalhos que utilizam o mapeamento e monitoramento voluntário se destacam o *British Trust for Ornithology*, uma Organização Não Governamental - ONG - dedicada à participação de voluntários que seguem estratégias de amostragem estatisticamente projetadas em pesquisas sobre aves (BTO, 2018).

O *OPen Air Laboratories - OPAL*, consórcio de universidades e outras instituições do Reino Unido que envolve o público em pesquisas ambientais sobre água e qualidade do ar, ciências do solo, clima e biodiversidade em uma rede integrada de ciência cidadã (OPAL, 2018).

Outro exemplo de grande sucesso é o do *Swedish Species Gateway*, sítio da internet, bem projetado, que coleta observações de aves, borboletas, mamíferos, plantas, fungos, peixes e invertebrados marinhos do público, na Suécia (ARTPORTALEN, 2018).

Além do *Chicago Wilderness Project*, sítio interativo de internet para os conservacionistas que residem na cidade de Chicago/EUA em prol da preservação ambiental com o intuito de conservar a natureza e promover a qualidade de vida dos participantes do projeto. Inclui links de diversos outros projetos ligados à ciência cidadã (CHICAGO WILDERNESS (Organization), 2018).

(SILVERTOWN, 2009) cita outros projetos de ciência cidadã, contudo agora relacionados às ferramentas, orientações e recursos. Entre os projetos, destacam-se o projeto *CyberTracker*, que é um software livre personalizável, amplamente utilizado, para a captura de dados no campo advindos do monitoramento ambiental com a finalidade de conservação de espécies de animais (CYBERTRACKER, 2018). O *Earthwatch* é uma Organização Internacional que combina o perfil de voluntários com

projetos de pesquisas ambientais aprovadas com a intenção de promover ações e conhecimento necessários para um ambiente sustentável (EARTHWATCH, 2018).

Além do projeto com a denominação em inglês *The Volunteer Monitor*, que é um boletim informativo do projeto de Monitoramento Voluntário de Bacias Hidrográficas, que facilita o intercâmbio de ideias em relação aos métodos de monitoramento e as melhores práticas no monitoramento de recursos hídricos e executado pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA - EPA (EPA, 2018).

No Brasil, o Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira, apresenta em seu sítio eletrônico uma variedade de projetos de ciência cidadã de abrangência nacional, com a possibilidade de cadastro de projeto próprio (SIBBR, 2018). Destacam-se o ECOA, que tem por objetivos auxiliar comunidades tradicionais e assentados da reforma agrária na identificação de áreas com potencial de reflorestamento e/ou restauração florestal e seu monitoramento durante o processo de revitalização ambiental; e no mapeamento de árvores frutíferas nativas de relevância ambiental e econômica para atividades de coleta de frutos e sementes para processamento de farinhas, castanhas e geleias, além do processo de produção de mudas. O projeto apresenta um impacto de curto, médio e longo prazo na economia local e na qualidade dos serviços ecológicos dentro de áreas de reflorestamento (ECOIA, 2017).

Outro projeto de relevante interesse é o - Guardiões da Chapada - um projeto de ciência cidadã que visa monitorar os visitantes florais e flora associada na Chapada Diamantina, sensibilizar o público acerca da importância do serviço de polinização e comunicar temas relacionados à ecologia e conservação. Para contemplar seus objetivos o projeto convida voluntários para coletar dados sobre a interação planta-visitante por via floral, além de desenvolver ações de extensão universitária na Chapada Diamantina para promover o engajamento de atores sociais em questões socioambientais e compartilha notícias nas redes sociais.

O projeto Cidadão Cientista, que realiza monitoramentos participativos de aves em unidades de conservação e parques urbanos, o símbolo do programa é mostrado na Figura 3.1. Dentre outros projetos, um que chama a atenção é o ZOOPE, Portal de Zoologia de Pernambuco, o portal é uma ferramenta colaborativa que permite o

compartilhamento de informações sobre animais selvagens com o objetivo comum de realizar um inventário da biodiversidade de forma lúdica e divertida (SIBBR, 2018).



Figura 3. 1 - Símbolo do projeto SAVE Brasil: Cidadão Cientista (Fonte: SIBBR, 2018).

Um outro projeto de grande vulto é o eBird (*Cornell Lab of Ornithology da Cornell University*, Estados Unidos), lançado em 2002, constituído por uma rede global de observadores de aves, pesquisadores e conservacionistas, unidos pelo interesse nas aves e no mundo natural. O projeto possui um aplicativo móvel que permite ao voluntário registrar de forma simples e prática as aves durante uma expedição exploratória de aves. Segundo a página oficial do projeto, mais de 300 mil pessoas já haviam utilizado o aplicativo eBird, submetendo mais de 260 milhões de observações de aves de todos os países (EBIRD, 2018).

3.1.2 A Ciência Cidadã aplicada aos Recursos Hídricos

A ciência cidadã contribui substancialmente para muitos domínios da ciência, incluindo ecologia e ciência ambiental. A ciência cidadã contribui para a gestão de recursos naturais, a proteção ambiental e a formulação de políticas, além de fomentar a participação e o engajamento do público (MCKINLEY *et al.*, 2016).

Dois grandes exemplos no cenário mundial é *Global Water Watch* (GWW) e o *Fresh Water Watch* (FWW), duas grandes redes de monitoramento da qualidade da água com atuação global. O GWW é uma extensão do Alabama Water Watch (AWW) que é um programa de monitoramento da qualidade da água feito por cidadãos cientistas, voluntários, que teve início em 1992, a rede funciona por meio de monitores em toda a região do estado do Alabama/EUA (Alabama Water Watch, 2018). O objetivo principal da GWW é promover lideranças de bacias hidrográficas, pessoas

comuns, mediante o desenvolvimento do monitoramento de águas superficiais por cidadãos voluntários para a melhoria da qualidade da água e saúde pública (GWW, 2018).

Por sua vez, O FWW é um programa global desenvolvido pela Earthwatch. O projeto necessita de voluntários que doam um pouco do seu tempo para fazer o monitoramento de nitrato e fosfato em um corpo hídrico com um teste simples, com isso fazem o carregamento dos dados no site da organização, apresentando fotos do local de análise. (FWW, 2018).

De acordo com Costa (2017) a confiabilidade dos dados do *Fresh Water Watch* se garante de três formas: primeiramente, ao comparar de forma sistemática o trabalho dos voluntários com os dos especialistas; em segundo lugar, por meio da elaboração de testes com os cidadãos e com os dados produzidos por eles. Como exemplo pode-se citar alguns projetos em que os cientistas elaboram dados sintéticos e verificam se os seus voluntários são capazes de observar e os alertar sobre inconsistências ou erros; em terceiro, ao aumentar a comunicação e as oportunidades de treinamento para confirmar se os voluntários têm oportunidades de desenvolver suas habilidades e fazer perguntas sobre suas dúvidas, para desenvolver a autonomia dos participantes em identificar as possíveis falhas associadas ao método de pesquisa.

No Brasil, a plataforma *FAST SCIENCE* apresenta uma carta de projetos de ciência cidadã por todo o país dentre diversas modalidades, dividindo a contribuição popular em três categorias, para cientistas, podendo os mesmos divulgarem seus projetos e criarem tarefas de coletas que receberão adesão dos voluntários; para o cidadão, onde a participação popular consiste em se inscrever em um projeto de coleta e realizar tarefas para contribuir com os cientistas; para os parceiros, onde comunidades e iniciativas diversas podem divulgar seus projetos (FAST SCIENCE, 2018). Exemplos de iniciativas nesta plataforma são: o projeto de monitoramento de lixo em praias, o programa de combate ao mosquito da dengue, o projeto de identificação de novas construções e edificações.

Em relação aos recursos hídricos os cidadãos cientistas vinculados à plataforma podem contribuir com a redução de impactos de poluição relacionados às águas da costa brasileira, onde os participantes enviam fotos de erosão, pontos de despejos de

esgotos, alagamentos, animais mortos, entre outros, no projeto denominado Sentinelas do Mar.

O projeto Manuelzão da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG originado em 1997, cujo foco principal da proposta está na transformação da mentalidade cultural, impulsionada localmente pelo objetivo pontual operacional comum: a volta do peixe à bacia do rio das Velhas (MANUELZÃO, 2018). O projeto possui um engajamento ambiental forte na preservação dos recursos hídricos e promoção da qualidade de corpos hídricos, abordando assuntos como canalização de cursos d'água, transposição do rio São Francisco, revitalização de cursos d'água, renaturalização de cursos d'água e enchentes nos grandes centros. O projeto conta com uma rede de monitoramento de corpos hídricos com enfoque da ciência cidadã.

Outro projeto de grande relevância é a plataforma InfoAmazonia, lançada em 2012, que agrega dados e notícias sobre a Amazônia. Segundo seu sítio eletrônico, o projeto é sustentado por uma rede de organizações e jornalistas que oferecem atualizações constantes dos nove países da região com o objetivo de melhorar a percepção sobre os desafios para a conservação da floresta mediante o cruzamento de notícias e dados geográficos. A participação do público é feita por meio do compartilhamento de dados e notícias através da sua plataforma na internet. Em 2015 foi inaugurada uma rede de monitoramento da qualidade da água por meio de sensores de baixo custo denominado Riffle que apresenta, ainda, a vantagem de compartilhar os dados obtidos através de redes de telefone celular e pela internet (INFOAMAZONIA, 2018).

Na Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto e na Bacia do Ribeirão Santa Maria, foram realizados, recentemente, três projetos com o enfoque da ciência cidadã no monitoramento da qualidade da água (PALMA, 2016; COSTA, 2017; SEMRAU, 2017). Os projetos anteriores utilizaram-se do procedimento habitual de coleta de dados com o auxílio de um kit colorimétrico de análise rápida no local de amostragem e com a aplicação de formulários de questionamentos relacionados ao assunto para averiguar o conhecimento dos cidadãos cientistas. Os trabalhos trouxeram relevantes resultados para a pesquisa acadêmica, ressaltando os prós e contras de uso da metodologia específica e dando continuidade a uma vasta sequência de trabalhos desenvolvidos no campo da ciência cidadã no Brasil e no Mundo, ampliando os

conhecimentos a respeito do assunto, para, assim, tornar públicos os resultados de locais em que a ciência tradicional, muitas vezes não consegue chegar.

3.1.3 Visão Tradicional e Visão da Ciência Cidadã

Na visão tradicional, é de se reforçar a importância do uso das metodologias baseadas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, edição da *American Public Health Association* - APHA, *American Water Works Association* - AWWA e da *Water Pollution Control Federation* - WPCF. As metodologias descritas são usadas para determinar os parâmetros físico-químicos e biológicos das amostras de água e águas residuárias (APHA, 2005). Em consonância, a visão da ciência cidadã também necessita de protocolos e padronizações para efetuar o monitoramento com a aquisição de dados confiáveis.

Na literatura pesquisada, os trabalhos de monitoramento de qualidade da água em diferentes bacias hidrográficas realizam a análise dos parâmetros físicos, químicos e biológicos seguindo as metodologias preconizadas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). Entre eles destaca-se o monitoramento do rio Descoberto, no Distrito Federal (PIMENTA *et al.*, 2015), e o monitoramento da qualidade das águas de drenagem urbana e rural de Formosa/GO. (TRINDADE *et al.*, 2015).

Em se tratando de monitoramento da qualidade da água pela perspectiva da ciência cidadã, (PALMA, 2016) em sua proposição metodológica para a obtenção de dados, observou que os valores encontrados na coleta foram progressivamente melhores entre a primeira e a última coleta, destacando-se a falta de precisão dos parâmetros biológicos relacionados aos coliformes fecais e totais, já em relação aos parâmetros físico-químicos, destacam-se a amônia, o nitrito e a turbidez em que a comparação com o monitoramento da UnB, apresentou os maiores erros nas medições.

(COSTA, 2017) deu continuidade metodológica na mesma bacia que (PALMA, 2016) e concluiu que nas pesquisas houve a imprecisão nas medidas dos parâmetros oxigênio dissolvido, nitrato, turbidez e coliformes, enquanto que os questionários mensais, que abordam a questão subjetiva acerca da percepção dos voluntários, não alcançou o objetivo de reunir a informação sobre o estado físico do

corpo hídrico com precisão, pois houve opiniões conflitantes entre os participantes. Além do mais, em sua pesquisa, utilizou-se de um aplicativo de celular para divulgar os dados e observou que a implementação da tecnologia foi efetiva para seu público alvo.

(SEMRAU, 2017) realizou sua pesquisa no ribeirão Santa Maria, no município do Novo Gama/GO e demonstrou que os parâmetros temperatura, pH, amônia e nitrito foram considerados bons em comparação com o monitoramento de validação, já os parâmetros turbidez, oxigênio dissolvido, nitrato, coliformes totais e *E.Coli*, apresentaram resultados insatisfatórios, evidenciando que os resultados incongruentes foram decorrentes da faixa de detecção inadequada do kit. Enquanto à utilização do questionário, os resultados se mostraram pouco adequados à faixa etária dos voluntários que pertenciam ao 5º ano escolar entre 9 e 10 anos, ressaltando a importância de mesclar elementos textuais e desenhos, ao se trabalhar com crianças, para tornar a atividade mais interativa e lúdica.

Outro exemplo nacional é a Fundação SOS Mata Atlântica que se utiliza de 16 parâmetros para realizar o monitoramento por percepção da qualidade da água, que observando a literatura anterior, acrescentam-se os parâmetros temperatura do ambiente, espumas, lixo flutuante, odor, material sedimentável, peixes, larvas e vermes vermelhos, larvas e vermes brancos, fosfato e Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, metodologia esta, elaborada pela própria Fundação. De sua forma, se aplica o Índice de Qualidade da Água - IQA para compilar os dados amostrados (ATLÂNTICA, 2018).

Para (BUYTAERT *et al.*, 2014), a obtenção dos dados de qualidade da água normalmente a coleta se baseia em medições que demandam equipamentos de alta precisão, de elevado custo. Adicionalmente, devido à grande variabilidade temporal do ciclo da água, a análise de dados requer sistematicidade, tais como longas séries temporais. O monitoramento de qualidade da água clássico se restringe ao ambiente de pesquisa acadêmica e às esferas das agências reguladoras. Essa visão contrasta com a abordagem da ciência cidadã que inclui, além das outras esferas, a comunidade no processo de aquisição dos dados, mas que exige do cidadão cientista o compromisso com a qualidade dos dados apesar do uso de equipamentos diferentes do habitual,

amostragens menos frequentes e mão-de-obra com menor carga horária de treinamento.

O escopo do monitoramento pode chegar a ser tecnicamente simplificado, e o procedimento unificado, para que amostras consistentes possam ser geradas. Além disso, inferências precisam ser feitas a partir de um volume maior de dados potencialmente de menor qualidade, o que requer uma abordagem diferente para a análise de dados. Ao passo que o desenvolvimento de novas tecnologias propicia uma nova oportunidade para o monitoramento com o enfoque da ciência cidadã. (BUYTAERT *et al.*, 2014).

3.1.4 Críticas e Reflexões a respeito da Ciência Cidadã

Apesar do ganho de novas informações advindas de projetos de ciência cidadã, a prática não é universalmente aceita como um método válido de investigação científica. Artigos científicos que apresentam dados coletados por voluntários, às vezes, tem dificuldades para serem aceitos e revisados, e quando são, os colocam em seções menos prestigiadas de jornais e revistas acadêmicas (BONNEY *et al.*, 2014).

Complementarmente, (REBOUÇAS, 2013) observa que as críticas voltadas à ciência cidadã são devido à falta de credibilidade que os cientistas dão aos dados, pois atribuem o problema ao pouco tempo de treinamento aplicado aos cidadãos cientistas antes de procederem às coletas. Com isso, os profissionais indicam a ciência cidadã apenas para casos de divulgação e educação. Outra crítica leva em consideração que muitos projetos são adaptações de projetos do exterior que não se adéquam tão bem à realidade nacional.

Para (PALMA, 2016), a crítica quanto à qualidade dos dados se remete à falta de rigor no tratamento dos dados e na possibilidade de adoção de procedimentos duvidosos, por vezes, não compatíveis com procedimentos realizados em laboratórios de alto padrão. Contudo, as críticas não são à ciência cidadã em si, pois, se existirem protocolos de controle de qualidade para a coleta, a análise e divulgação dos dados, se qualificarem os voluntários com mais horas trabalhadas e mais vivências para realizarem a coleta com acurácia, os resultados obtidos teriam uma conotação científica mais confiável. Isso, sem considerar a importância que o recurso hídrico

representa para os cidadãos cientistas por eles viverem na bacia hidrográfica e conviverem com o problema no seu cotidiano, sendo aquele estudo específico, parte da vida deles, ao contrário do cientista tradicional, que não tem nenhuma relação afetiva com o objeto de estudo.

SOARES (2011) aborda que apesar das críticas quanto à confiabilidade dos dados gerados e aplicabilidade do enfoque da ciência cidadã para efetivar pesquisas científicas, projetos baseados nessa abordagem são responsáveis pela geração de resultados de suma importância acadêmica e científica, extremamente relevantes para construção do saber, onde seria inimaginável pelo nível tecnológico atual abranger escalas tão amplas quanto às proporcionadas pela ciência cidadã. Em detrimento disso, uma das principais contribuições é o engajamento das pessoas, estimulando a cidadania e a participação dessas no processo da construção do conhecimento e decisões políticas, empoderando o cidadão a argumentar e se posicionar em defesa do meio ambiente.

Há, todavia, controvérsias a respeito desta abordagem quando se refere aos dados validados por cientistas profissionais. BOONEY *et al.* (2014), diz que com protocolos adequados, treinamento e supervisão, os voluntários podem coletar e incorporar dados de qualidade similares aos coletados por especialistas. Para projetos de grande vulto, onde o treinamento de voluntários e a avaliação de suas habilidades podem ser desafiadores, novas tecnologias têm sido desenvolvidas para facilitar a transmissão de dados de alta qualidade em um curto espaço de tempo.

3.2 ÁGUA

3.2.1 Importância

Água há milênios, é reconhecida como sendo uma substância vital que está presente na natureza, sendo parte constituinte fundamental para a conservação dos ecossistemas e da vida de todos os seres em nosso planeta. A estrutura e as funções de um ambiente são determinantes para a sobrevivência de plantas, animais e demais

seres vivos, além de seus usos extrapolarem barreiras ambientais, sociais e econômicas (WOLKMER e PIMENTEL, 2015).

O fluido, para consumo humano, já foi considerado um recurso inesgotável; pois o ecossistema fazia crer que os mananciais de águas cristalinas, abundantes e renováveis nunca chegariam ao fim. Contudo a natureza reage às intervenções antrópicas que deterioram sua qualidade, impossibilitando sua utilização para fins mais nobres, restando, uma quantidade enorme de água considerada inapropriada para o consumo humano. Apesar de o planeta ser constituído superficialmente por aproximadamente 75% de água, existe o paradoxo da escassez, pois a água não está distribuída geograficamente, ou socialmente, de maneira uniforme (TUNDISI, 2008).

O Brasil é um dos países que possuem a maior disponibilidade de água doce do mundo. Isso traz um aparente conforto, nas regiões onde essa abundância é observada, todavia os recursos hídricos estão distribuídos de forma desigual no espaço e no tempo, refletindo problemas históricos relacionados ao domínio desse recurso. Esses fatores, somados aos usos da água pelas diferentes atividades econômicas nas bacias hidrográficas brasileiras e os problemas de qualidade de água, geram áreas de conflito.

A água é considerada um bem de domínio público e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico, valor, este, que é subjetivo para cada ser humano, variando de cultura para cultura, de sociedade para sociedade. Segundo dados da Agência Nacional de Águas, de toda água doce do mundo, o Brasil é detentor de 11,6%, sendo que 70% do montante disponível estão situados na região Norte, compreendendo a Floresta Amazônica, cuja densidade populacional é baixa. Enquanto a região nordeste, onde parte de sua população habita regiões áridas, concentra 30% da população brasileira e detêm, apenas, 5% da água doce (ANA, 2017).

Além das disparidades regionais em torno da disponibilidade hídrica, o desperdício e os eventos climáticos extremos, como seca e inundações tornam presentes a falta de água no país, principalmente nos grandes centros urbanos. Fator este que, influenciado por perdas de água na captação e distribuição, e por interferências humanas, relacionadas à degradação do meio ambiente, incorre em agravos às propriedades físico-químicas e biológicas do fluido, reduzindo a quantidade de água doce disponível. Com esse cenário, está claro o desafio da sociedade frente aos conflitos hídricos (OLIVO; ISHIKI, 2014).

(REBOUÇAS, 2003) atrela a disponibilidade hídrica às perdas na distribuição do recurso. Os índices de perdas totais da água tratada e injetada nas redes de distribuição das cidades do Brasil variam entre 40% a 60%, sendo que nos países desenvolvidos estes valores se encontram em patamares de 5% a 15%, isto, em um dos países mais ricos em água doce do mundo, onde suas metrópoles e cidades de pequeno a médio porte sofrem com crises de abastecimento hídrico.

Problemas de abastecimento de água têm sido observados no panorama mundial. No Brasil, a situação não é diferente, o país vem sofrendo com a crise hídrica sem haver estratégias claras para enfrentar o problema e garantir que o abastecimento possa se dar de maneira sustentável. Dois grandes exemplos são a crise hídrica de São Paulo, no sistema Cantareira e a crise no Distrito Federal no reservatório do Descoberto. No caso do DF, que a cada ano vem superando mais barreiras para garantir o abastecimento de água a uma população que cresce de maneira sistemática e demanda um volume maior a cada ano. Isso provoca uma demanda maior na produção agrícola e industrial que exigem grandes quantidades de água para sua manutenção. (TAVARES *et al.*, 2017).

Ainda de acordo com (TAVARES *et al.*, 2017), na região do DF, a exemplo de todo o país, a fronteira agrícola, urbana e a produção industrial vêm avançando sobre os mananciais e as áreas de proteção ambiental. Realçando que a qualidade da água de um ribeirão, em uma determinada bacia, serve de espelho da situação ambiental da sociedade. Outros fatores como as mudanças nas condições climáticas e a contaminação ambiental decorrente de uma metrópole, contribuem para agravar a crise hídrica, da, capital do país. Ademais, evidencia-se que o volume de chuvas, nos anos recentes, vem diminuindo a ponto dos reservatórios não conseguirem repor os níveis ótimos de cada barragem, agravando o problema de abastecimento para consumo humano e irrigação.

É evidente a necessidade de investimentos públicos no setor de saneamento para garantir uma segurança hídrica nos grandes centros urbanos. Esse emprego de capital no setor proporciona uma adesão de mais atores vinculados à gestão dos recursos hídricos, reduzindo gastos futuros com remediação de ações que podem ser planejadas e executadas de maneira eficiente, garantindo o bem estar da população. Adicionalmente, a Organização Mundial de Saúde – OMS – reconhece que o

investimento de cada dólar em saneamento básico, equivale a uma redução de quatro a cinco dólares em despesas hospitalares. Enquanto 2,5 bilhões de pessoas ainda sofrem com falta de acesso a serviços de saneamento básico e um bilhão pratica defecação ao ar livre (BARTRAM et al., 2014).

Em vista do cenário de desabastecimento hídrico que concerne tanto o governo quanto a população, a Organização das Nações Unidas – ONU (Nações Unidas, 2016), definiu os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS. No documento ratificado pelo país - ODS Brasil – destaca-se o objetivo água limpa e saneamento, que reforça a preocupação com a existência de água potável e segura para todos. Fator inseparável desta temática é a oferta de saneamento e higiene, uma vez que a falta de condições sanitárias pode levar à degradação de rios, mares e de fontes de água para abastecimento, podendo desencadear doenças vinculadas à água.

O uso racional pela indústria e agricultura, aumentando a eficiência, é abordado também. Por fim, são necessários marcos institucionais para favorecer a participação social, para controle do uso da água e monitoração da proteção do meio ambiente. Exacerbando a necessidade de novas soluções no que tange ao gerenciamento dos recursos hídricos para contornar os desafios e garantir uma segurança hídrica para uma população em crescimento levando em conta as mudanças climáticas. De modo que, hoje, mais do que nunca, deve-se trabalhar com a natureza, ao invés de ir contra ela (UNESCO-WWAP, 2003).

3.2.1.1 A água e seus usos

Abastecimento humano e industrial, irrigação, navegação, controle de cheias, hidroeletricidade, pesca e aquicultura, recreação e turismo, sintetizam as variadas facetas do fluido que é essencial para a sobrevivência dos seres humanos. Há uma compreensão sobre sua necessidade, para consumo, para produção de alimentos, entre diversas outras potencialidades, como reforçam as imagens apresentadas na Figura 3.2. É indispensável para a manutenção da vida e sua dignidade. Serve como insumo de atividades industriais, para a manufatura, para a geração de energia, para movimentar pessoas e bens. De modo que as sociedades modernas são extremamente dependentes de água, principalmente de boa qualidade, para seu pleno funcionamento.

Em suma, é crucial para garantir a integridade e sustentabilidade dos ecossistemas terrestres (UNESCO-WWAP, 2003).



Figura 3. 2 – Usos múltiplos da água.

Conforme a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei Federal nº 9.433/1997, no inciso IV do art. 1º (BRASIL, 1997), a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas. Assim, todos os setores usuários da água têm igualdade de acesso aos recursos hídricos. A política traz uma exceção a essa regra, em casos de escassez, em que o uso prioritário passa a ser o consumo humano e dessedentação de animais. O histórico ligado à gestão dos múltiplos usos da água tem como base a necessidade de resolver conflitos que demandam abundância de água e de melhor qualidade (BARROS *et al.*, 2017).

Ainda segundo (BARROS *et al.*, 2017), a limitação de oferta hídrica, nas bacias brasileiras, particularmente a bacia do São Francisco, implica perdas socioeconômicas significativas para as atividades industriais, agrícolas, de geração de energia, de abastecimento humano, dentre outras, que consistem do uso hídrico. De modo que, faz-se necessário definir usos prioritários para este patrimônio, de modo a realizar uma gestão integrada dos recursos hídricos.

Conforme (MACHADO, 2003), convém observar que a gestão integrada da água assume várias dimensões. Trata-se de uma integração, abrangendo os processos do ciclo hidrológico; os usos múltiplos dos corpos d'água; o inter-relacionamento dos corpos hídricos com os demais elementos dos mosaicos de ecossistemas (solo, fauna e flora); a coparticipação entre gestores, usuários e populações locais no planejamento e gestão dos recursos hídricos; e o desejo da sociedade por um desenvolvimento socioeconômico com preservação ambiental.

Dentre os usos que impactam mais sobre a disponibilidade hídrica, destacam-se os de irrigação, abastecimento humano e uso industrial, pois demandam uma quantidade significativa de insumos para suprir suas necessidades. A produção agrícola má gerenciada e desrespeitosa com a legislação vigente pode vir a perturbar o sistema hídrico de duas maneiras, avançando sobre as fontes e promovendo o desmatamento, incluindo a extinção de muitas espécies nativas ao mesmo tempo em que demandam elevadas quantidades de defensivos agrícolas e de água para sustentar a produção.

De maneira análoga, a produção industrial também requer considerável volume de água para garantir a sua manutenção e crescimento, além disso, ainda agrava o problema da poluição por utilizar grandes quantidades de produtos químicos em suas atividades. Isso acaba por poluir as águas superficiais e subterrâneas, deteriorando os mananciais, comprometendo a qualidade da água e trazendo graves consequências para o meio ambiente e a população. (TAVARES et al., 2017).

Além da dificuldade de acesso à água potável em diversas regiões do país, por inúmeras consequências da gestão pública do recurso, muitos desperdícios são evidenciados e negligenciados em detrimento à produção industrial e o crescimento econômico. Contudo, na agricultura, uma pesquisa (FAO, 2018) estima que cerca de 60% da água que é fornecida aos projetos de irrigação no mundo se perdem por evaporação ou percolação.

No Brasil, como em outros países, a demanda maior por água é na agricultura, especialmente a irrigação, com quase 63% de toda a demanda nacional, especialmente pelo país vastas terras agriculturáveis. Um uso compatível com a agricultura é o de diluição de cargas poluidoras, fertilizantes e defensivos, nos corpos hídricos sub e superficiais da região em que se localiza o empreendimento, caracterizando uma forma

de poluição difusa, comprometendo a qualidade e sua disponibilidade para as futuras gerações (REBOUÇAS, 2003).

3.2.2 Qualidade da água em ambientes naturais

3.2.2.1 Parâmetros da Qualidade das Águas

A qualidade da água é aspecto indispensável, quando se trata dos seus principais usos, em especial, para fins como o abastecimento humano. A utilização da água pela sociedade visa atender as necessidades pessoais do ser humano, atividades econômicas (agrícolas e industriais), sociais e ambientais. A qualidade da água, termo que não se restringe apenas à determinação da limpidez da mesma, mas às suas características desejadas para os seus diversos usos. No ambiente de micro bacia, são utilizados indicadores para rastrear possíveis impactos que geram alterações na qualidade da água. Estes indícios representam o esforço que os programas tradicionais de monitoramento de águas superficiais fazem, de acompanhar a possível deterioração dos recursos hídricos em toda a bacia hidrográfica e/ou ao longo do tempo (SOUZA *et al.*, 2014).

(Pimenta *et al.*, 2015), destacam que as exigências quanto à qualidade da água são relacionadas, diretamente, ao uso a que se destina. Dispositivos legais como, portarias, normas, leis e resoluções, apresentam os valores máximos e mínimos permitidos, sem que elementos ou características desagradáveis se tornem inconveniente para determinado uso. No domínio da legislação brasileira, os parâmetros físico-químicos de qualidade da água dos corpos hídricos portam suas referências quantitativas nos Valores Máximos Permitidos - V. M. P, determinados pela resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005). Os autores evidenciam que a legislação federal não é hábil para distinguir um processo de impacto ambiental de origem antrópica ou natural, ao considerarmos as diferenças de cada região do Brasil.

O crescimento populacional, poluição doméstica, altas taxas de consumo, além do desrespeito as áreas de proteção ambiental ameaçam a disponibilidade e a qualidade da água (FRASCARELI *et al.*, 2017). Ainda segundo os autores, o uso da geotecnologia é elementar para determinar a repartição geográfica do uso e ocupação da terra, de modo a estabelecer os reflexos da ocupação humana sobre a qualidade da

água. Destacam que a tecnologia possibilita a aquisição e transmissão de dados de monitoramento hidrológico, do campo para o sistema de informação, de modo a facilitar a divulgação de informações de qualidade de água.

Diversos autores utilizam-se dos parâmetros do Índice de Qualidade da Água - IQA, para verificar a qualidade da água de um corpo hídrico (RABELO *et al.*, 2009; ANA, 2016; FERREIRA, 2016; GLORIA *et al.* 2017; AMÂNCIO *et al.*, 2018). A metodologia do IQA foi adaptada e desenvolvida pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, para avaliar a qualidade da água bruta visando o abastecimento público. O índice resulta do produto ponderado das qualidades de água equivalentes a nove parâmetros físico-químicos e biológicos: coliformes fecais, potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, fósforo total, temperatura, turbidez, resíduos totais e oxigênio dissolvido.

O IQA de rios ou reservatórios de água bruta, destinados ao abastecimento hídrico é bastante sensível à contaminação das águas por esgotos domésticos, embora influenciado também por outras fontes de poluição difusa. Contudo esta metodologia apresenta limitações, uma vez que não inclui vários parâmetros igualmente significativos, tais como substâncias tóxicas (metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água (ANA, 2016).

Parâmetros físico-químicos são indicadores importantes para a aferição da qualidade do corpo d'água em ambientes lênticos e lóticos, por representarem indícios de contaminação ou possível agravo ao ambiente natural. Entre os parâmetros possíveis de análise destacam-se: condutividade, oxigênio dissolvido, nitrogênio e suas formas, fósforo, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), temperatura, pH e turbidez, além de parâmetros biológicos como coliformes fecais e coliformes termo tolerantes (CETESB, 2009; KATO; PIVELI, 2005; VON SPERLING, 2007).

A análise das propriedades físico-químicas e biológicas permite ao órgão gestor atribuir funções e usos a um determinado corpo hídrico, compatíveis com o que a sociedade anseia e como a comunidade utiliza-se dessa água, de modo a levar em

consideração as metas futuras de melhoria da qualidade da água para atingir finalidades mais nobres, como o consumo humano.

3.2.2.2 Enquadramento dos corpos hídricos

Considerando o art. 2º, inciso XX, da resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), que institui o enquadramento como o estabelecimento da meta ou objetivo da qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo. A resolução classifica as águas salinas, salobras e doces no âmbito nacional, segundo o uso predominante.

O enquadramento dos corpos hídricos, instrumento da Política Nacional dos Recursos Hídricos, em classes visa a assegurar às águas qualidade compatível com os usos preponderantes mais restritivos, atuais ou futuros, a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes, assegura o inciso I e II do art. 9º da PNRH – Lei nº 9.433/97 (BRASIL, 1997).

Na resolução CONAMA (BRASIL, 2005), em seu art. 4º, as águas doces são classificadas em classe especial seguido por classes de 1 até 4. Sendo que a classe especial apresenta usos mais exigentes, como o consumo humano, comparada à classe 4 que apresenta usos menos exigentes, destinando-se apenas à navegação ou harmonia paisagística, assim como é mostrado na Figura 3.3. Contudo, quando a qualidade da água está em desacordo com os usos pretendidos, a sociedade em conjunto com os comitês de bacias pode estabelecer metas para a melhoria da qualidade da água para seu correto enquadramento.



Figura 3. 3 - Enquadramento dos corpos hídricos em relação à qualidade da água.
Fonte: Observatório da Governança das Águas (2017).

Considerando a necessidade de se criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, de forma a facilitar a atribuição de metas visando atingir os objetivos propostos. Levando em conta que o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade (BRASIL, 2005). Dessa forma, os integrantes da sociedade, auxiliando e complementando a tarefa do Poder Público, entram em cena na aquisição dos parâmetros de qualidade da água, subsidiando a proposta de enquadramento.

3.3 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

3.3.1 Programação de Monitoramento

A preocupação com a qualidade da água tem se tornado uma necessidade permanente. Nos últimos anos, fatores como o monitoramento de nutrientes e sedimentos, modelagem da qualidade da água, concentração de pesticidas e poluições pontuais e difusas nos córregos e rios, instigaram a elaboração de políticas de proteção ambiental. As políticas que promovem uma constante aferição dos parâmetros de qualidade da água ajudam no gerenciamento e na elaboração de programas de monitoramento de drenagem superficial de forma mais eficaz, para preservar os usos ecossistêmicos associados ao corpo d'água (PIMENTA *et al.*, 2015).

As redes estaduais de monitoramento da qualidade da água são geralmente instaladas em locais com problemas de qualidade já conhecidos ou potenciais, podendo ser alocados também, em divisas estaduais ou pontos de encontro de rios de ordem semelhante. Estas redes estaduais operam de maneira independente, tendo cada uma sua própria frequência de monitoramento e seu próprio conjunto de parâmetros monitorados, o que dificulta a análise em nível nacional (ANA, 2016).

Apesar dos problemas relacionados com a baixa frequência das coletas além das lacunas de informação sobre a qualidade da água dos rios em parte do território, o monitoramento da qualidade de água no país vem crescendo ano a ano (ANA, 2016). Em 2013, a ANA lançou a Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade das Águas (RNQA) no âmbito do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA). Já em 2014 a ANA lançou o Programa de Estímulo à Divulgação de Dados

de Qualidade de Água – QUALIÁGUA. Ambas as iniciativas visam preencher as lacunas de informações de qualidade de água existentes no Brasil. Contudo, somente em 17 Unidades da Federação é realizado o monitoramento de qualidade de água em rios e reservatórios do país, restando 10 Unidades da Federação sem monitoramento dos corpos aquáticos, conforme mostrado na Figura 3.4 (ANA, 2016).



Figura 3. 4 - Pontos de monitoramento estadual de qualidade de água no Brasil em 2014.
(Fonte: ANA, 2016).

O programa QUALIÁGUA, que promove a RQNA (ANA, 2016), estimula a padronização dos métodos de coleta das amostras, dos parâmetros mínimos a serem coletados, da frequência das análises e da divulgação dos dados para o público. O programa se justifica, pois, nem todas as Unidades da Federação monitoram a qualidade de suas águas e as que realizam monitoramento não dispõem de padronização dos parâmetros e das frequências de coleta.

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2016), com a implantação da RNQA, todos os dados obtidos serão armazenados no Sistema de Informações

Hidrológicas (HidroWeb) e integrados ao Sistema Nacional de Informação sobre Recursos Hídricos – SNIRH.

A Agência Reguladora de Água, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal - ADASA é a agência reguladora e fiscalizadora do Distrito Federal. A ADASA conta, hoje, com uma rede de monitoramento das águas superficiais e subterrâneas. A rede de água superficial está em operação desde o ano de 2009 (ADASA, 2018). A rede hidrometeorológica da ADASA era composta, inicialmente, por 44 estações de monitoramento hoje conta com 65 estações. Atualmente todas as 40 Unidades Hidrológicas (UH) do Distrito Federal possuem ao menos uma estação de monitoramento onde é feito o controle da quantidade e qualidade das águas. Os parâmetros monitorados são utilizados para o cálculo do IQA (CETESB, 2009).

No planejamento e preservação de amostras do monitoramento dos corpos hídricos, órgãos públicos e sociedade civil, que realizam o devem consultar as condições fixadas pela Norma Brasileira – NBR aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Entre elas, a NBR 9897, que estipula as condições exigíveis para a elaboração de planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores (ABNT, 1987a) e a NBR 9898 que estipula as condições exigíveis para a preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores (ABNT, 1987b). Ambas salientam a importância da definição prévia dos objetivos a serem alcançados, assim como o levantamento de recursos econômicos, de pessoal e equipamentos disponíveis, além do estabelecimento de cronograma de atividades. (VON SPERLING, 2007) propõe ainda o levantamento de informações prévias da bacia hidrográfica a ser estudada com o objetivo de orientar o próprio planejamento de amostragem, assim como para auxiliar na interpretação dos seus resultados.

Ainda segundo (VON SPERLING, 2007), o autor destaca os diferentes tipos de amostras que podem ser coletadas:

- Amostra simples ou individual: é tomada num determinado instante de tempo e constituída por uma única porção. Não leva em consideração a variabilidade das concentrações ao longo do tempo, podendo subestimar ou superestimar a concentração média.
- Amostra composta: resultantes da combinação de amostras individuais de águas, tomadas em intervalos programados, por um determinado período.

- Amostra integral: resultante da combinação de amostras individuais, coletadas em posições diferentes.
- Medição por sensor: a medição por sensor tem analogias com as determinações feitas com base em amostras coletadas, podendo ser uma medição única ou várias medições ao longo do dia.

A localização dos pontos de amostragem também deve considerar os objetivos da pesquisa ou estudo (ABNT, 1987a), cabendo ao formulador da proposta deixar claro o que pretende evidenciar nas pesquisas. Não existe, entretanto, uma regra geral para definição de pontos de amostragem, sendo ela dependente do planejamento, do emprego do conhecimento, tanto quanto do bom senso e do entendimento da realidade de campo. Contudo a NBR ressalta que se devem evitar amostragens em áreas em que pode ocorrer estagnação de água; áreas localizadas próximo à margem interna de curvas, visto que estes locais podem não ser representativos; e em áreas de refluxo de curso de água.

3.4. ÁREA DE ESTUDO

3.4.1 Programa AquaRiparia

Com o intuito de formar uma parceria institucional na área de estudo, com abrangência à comunidade e com possibilidade de engajar voluntários para a aquisição de dados de qualidade da água mediante o enfoque da ciência cidadã, foi estabelecido o contato com o programa AquaRiparia.

O AquaRiparia é uma rede de pesquisa coordenada pela UnB e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), constituída por pesquisadores, professores, estudantes universitários, do ensino médio e fundamental, incluindo diversos colaboradores e voluntários. Além disso, o programa prevê a geração de protocolos de levantamento do uso e ocupação das bacias com o intuito de serem replicados em todo território nacional. O Programa começou em 2009 como a proposta de preenchimento de lacunas das informações sobre processos ecológicos em zonas ripárias e se tornou um projeto de pesquisa no CNPq em 2010 com ações desenvolvidas nas cabeceiras das Bacias Hidrográficas do São Francisco e Paraná (DF). No endereço eletrônico do projeto existe uma aba para o aprendizado, contando

com diversos artigos em periódicos (1998-2016), capítulos de livro, teses e dissertações (AQUARIPARIA, 2018).

3.4.2 Região Administrativa de Brazlândia

O presente estudo será desenvolvido no córrego Chapadinha, localizado na bacia do rio Descoberto, em Brazlândia/DF, que se tornou Região Administrativa IV apenas em 1964, por meio da Lei nº 4.545/64 (BRASIL, 1964). Segundo a Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílio (PDAD), Brazlândia já pertenceu à área rural do município goiano de Luziânia. Originalmente um povoado, cujo nome está relacionado à localização próxima à fazenda da família Braz, apresenta a referência mais antiga de sua criação, datada de 1932. A RA IV tornou-se referência em produção de hortifrutigranjeiros no DF e conta com o reservatório do rio Descoberto que, atualmente abastecem mais de 60% da água potável do DF. (CODEPLAN, 2015). A Região Administrativa de Brazlândia é uma porção territorial que se situa no extremo noroeste do DF, de acordo com a Figura 3.5.

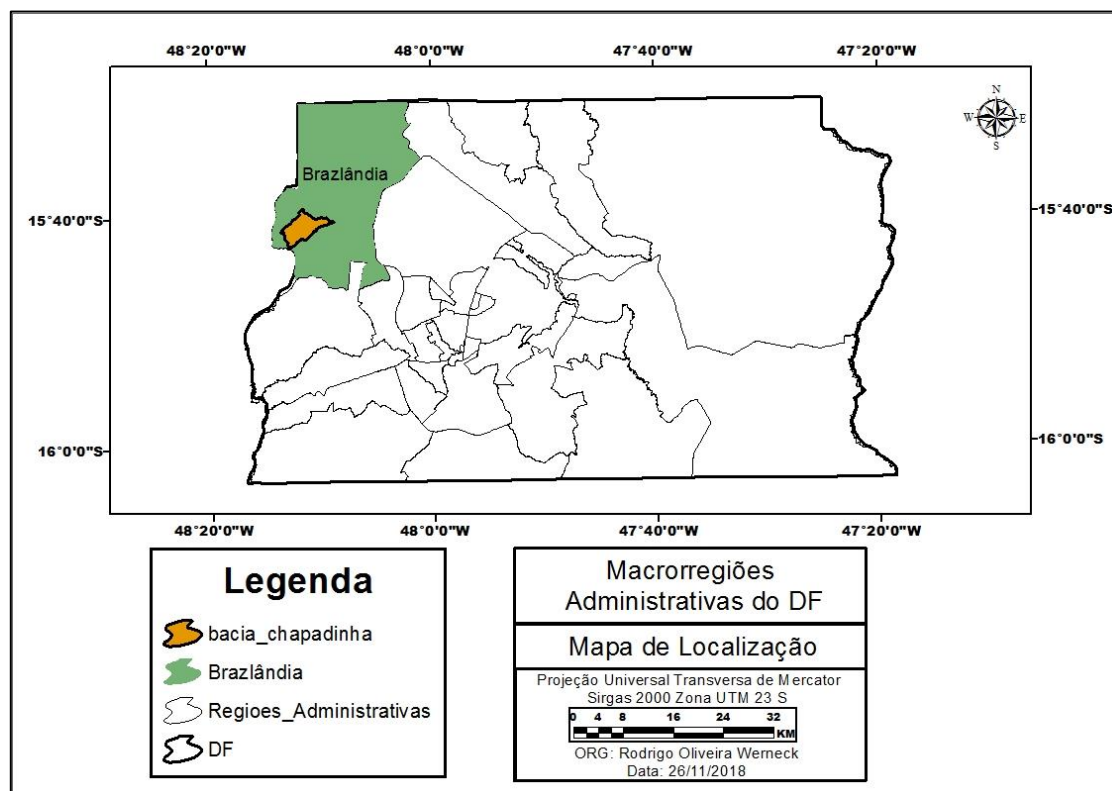


Figura 3. 5 – Localização das macrorregiões administrativas do Distrito Federal.
Fonte: (Distrito Federal, 2018).

De acordo com o site oficial da Administração Regional de Brazlândia, (Distrito Federal, 2018), a cidade é polo de festas tradicionais como a do Divino, Morango, Carnaval e Via Sacra, e possui uma região que tem um percentual da área em relação ao Distrito Federal de 8,32%, sendo composta por uma área total de 474,83 km².

A região possui clima tropical, com inverno seco e verão chuvoso, onde de acordo com a organização (CLIMATE DATA, 2018), a temperatura média é de 21.5°C, e possui uma pluviosidade média anual de 1469 mm, sendo o mês de junho o mais seco com precipitação de 6 mm. Enquanto janeiro é o mês de maior precipitação com uma média de 267 mm. Pode-se observar na Figura 3.6 a pluviosidade média mensal de Brazlândia/DF.

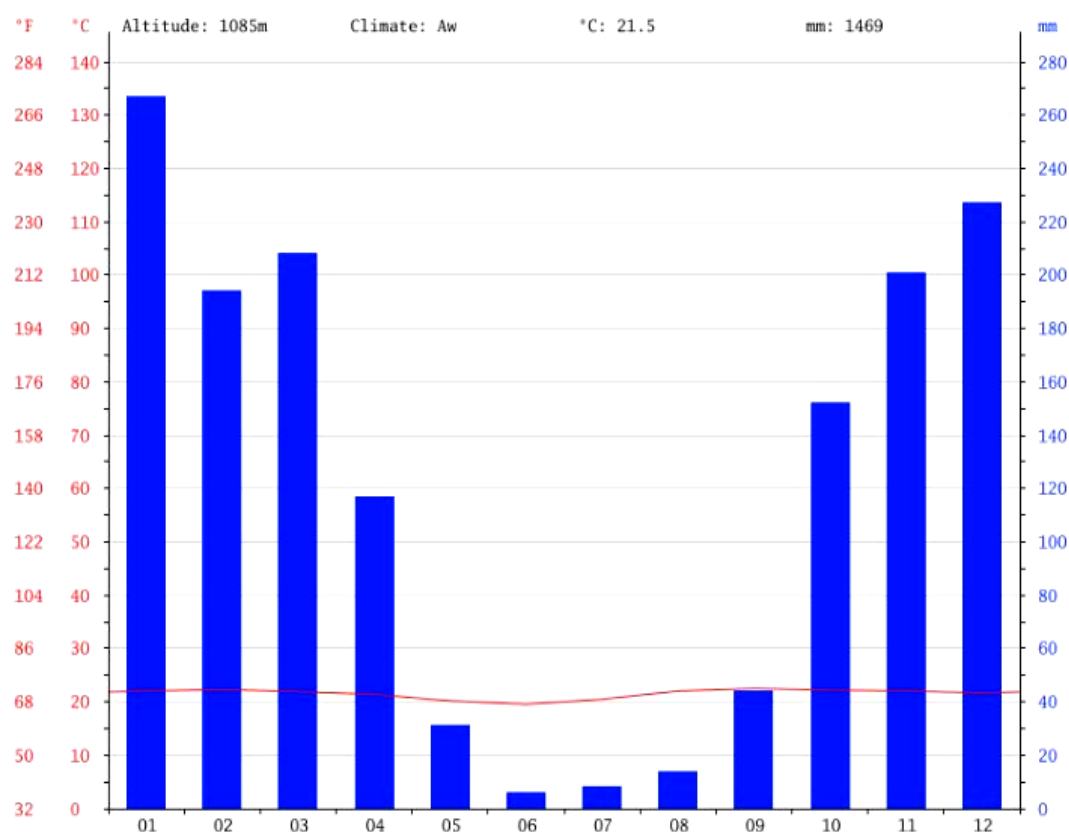


Figura 3. 6 – Climograma de Brazlândia/DF com variação mensal de pluviosidade e temperatura. (Fonte: CLIMATE DATA, 2018).

Apesar da proximidade com o reservatório Descoberto, o abastecimento público de água da área urbana de Brazlândia é realizado por meio do Sistema Isolado de Brazlândia, no córrego Barrocão, que dispõe de mananciais superficiais e

subterrâneos para a captação. Grande parte desta água é destinada ao abastecimento público do centro urbano e parte é destinada aos agricultores da região. A Região Administrativa de Brazlândia, dada sua proximidade com o principal manancial do Distrito Federal e levando-se em consideração o fato de que sua principal atividade produtiva é a produção de alimentos deve ser objeto de constante vigilância quanto aos impactos de suas atividades na qualidade da água, sendo o monitoramento dos recursos hídricos atividade substancial para a gestão hídrica e tomada de decisões dos órgãos competentes (DISTRITO FEDERAL, 2018).

3.4.3 Bacia Hidrográfica do Descoberto

Na região a montante da bacia hidrográfica do rio Descoberto (DF/GO), integrante da bacia hidrográfica do rio Paranaíba, localiza-se o lago Descoberto, principal manancial do Distrito Federal. Por ser um rio de domínio da união e por ser um rio de longa extensão, o mesmo é dividido em regiões hidrográficas a exemplo da bacia de contribuição que recarrega o manancial que é conhecida como bacia hidrográfica do Lago Descoberto e que apresenta uma série de microbacias. A área da bacia hidrográfica em questão é essencialmente agrícola, responsável pela produção de parte das frutas, hortaliças, de carne bovina, aves e ovos, consumidos no DF. A bacia está situada na parte oeste do Distrito Federal, entre as latitudes 15°35' e 15° 47' S e longitudes 48° 14' e 48° 25' W, com uma área de drenagem de 40.760,54 hectares (407,61 km²), sendo de área rural 38.432,12 ha (384,32 km²) e 2.328,42 ha (23,28 km²) de área urbana. (SPERA *et al.*, 2003 e Carmo *et al.*, 2012).

(SPERA *et al.*, 2003) destacam, ainda, que o uso atual do solo e cobertura vegetal na bacia está definido em: agricultura intensiva (hortifruticultura); campo limpo úmido; campo sujo úmido; pastagens; agricultura; cerrado sentido restrito; reflorestamento; mineração e áreas degradadas; solos de várzeas e nascentes têm sido ocupados com atividades agropecuárias (lavouras anuais, pecuária, horticultura e fruticultura) comprometendo a qualidade e a própria existência dos mananciais.

De acordo com o (IBRAM, 2018), a bacia hidrográfica do rio Descoberto, que abrange porções do território do Distrito Federal e do Estado de Goiás, é local de interesse por ambas as unidades da federação, protagonizando, por vezes, conflitos ambientais quanto ao uso e ocupação da terra e seus recursos hídricos. Na bacia está

alocado o maior reservatório de água para abastecimento público do DF, cobrindo mais de um milhão de habitantes¹, dessa forma, há urgente necessidade de disciplinamento do uso do solo e do tratamento de esgotos dos novos núcleos urbanos, já na área rural, deve-se controlar o uso de agrotóxicos e a racionalização dos processos de irrigação. Com isso há uma necessidade intrínseca de se monitorar os principais afluentes ao sistema Descoberto, pois representam fatores essenciais para a compatibilização da vocação agrícola da região administrativa com a conservação do meio ambiente.

Na figura 3.7 evidenciam-se as Sub-Bacias do lago Descoberto, ou seja, os principais afluentes ao reservatório do Descoberto. Em amarelo se situam a Sub-Bacia do córrego Chapadinha, objeto de estudo deste trabalho.

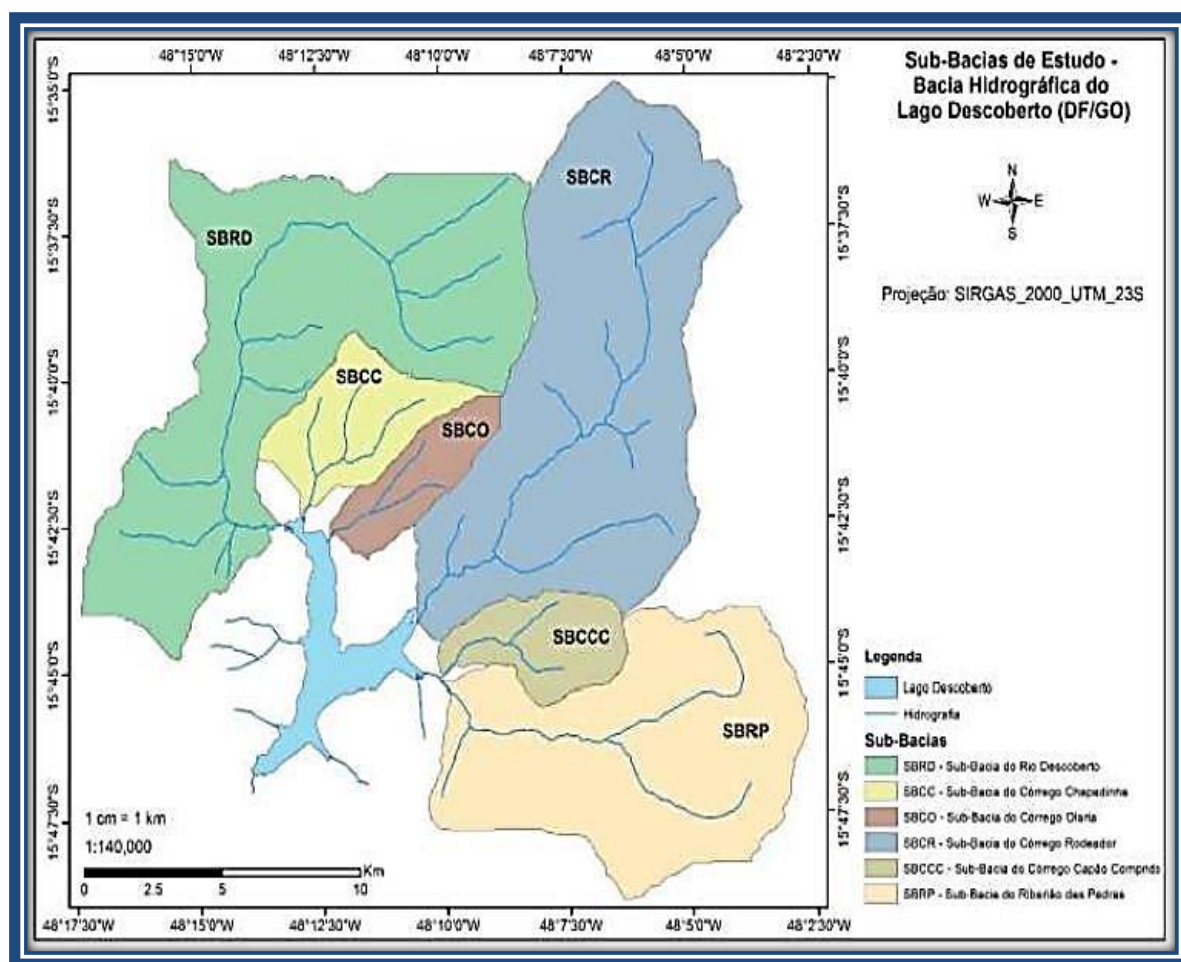


Figura 3. 7 - Sub-Bacias de estudo do alto rio Descoberto (DF/GO).
Fonte: (FERRIGO, 2014).

¹ 1.823.666 (um milhão, oitocentos e vinte três mil, seiscentos e sessenta e seis) habitantes. Valor atualizado para o ano referência de 2017. (Fonte: IBGE, 2018).

3.5. GEOTECNOLOGIAS

3.5.1. Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas

O monitoramento da qualidade da água está intrinsecamente relacionado à bacia hidrográfica na qual está inserida. De acordo com (MOURA, 2010) A bacia hidrográfica compreende diversos tributários que convergem para um curso principal, carregando materiais de origem antrópica e natural, se estiver inserido em um núcleo urbano e/ou agrícola.

A qualidade da água em qualquer ponto de um curso d'água reflete a influência do clima, da vegetação, uso do solo, geologia e, principalmente das ações humanas. Embora o conceito de bacia hidrográfica tenha sido apropriado pelas geociências, De acordo com (CARDOSO, 2003), o conceito ganhou um novo estatuto na política de recursos hídricos pelo fato de esse território ser considerado uma unidade de gestão.

Justamente pelo fato de ser considerada uma unidade de gestão, a bacia hidrográfica é passível de estudos e análise, utilizando-se de geotecnologias, que por meio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Sensoriamento Remoto (SR) facilitam a caracterização ambiental e, por conseguinte, o entendimento da qualidade da água da bacia (MAGALHÃES, 2013).

De acordo com MASCARENHAS, (2009), os temas de degradação ambiental, o uso não sustentável dos recursos naturais e as mudanças climáticas, são de tamanha abrangência e complexidade que necessitam, cada vez mais da adoção de monitoramento sistemático e sinóptico, destacando-se, assim, o sensoriamento remoto como uma ferramenta de suma importância para a análise das questões ambientais.

3.5.2. Aerolevantamento com VANT

A tecnologia tem como finalidade dar suporte às análises ambientais, automatizando serviços e gerando informações de suma importância para as modernas cadeias produtivas relacionadas à proteção e conservação ambiental (SKERMA, 2018). Nesse contexto, o mesmo autor ressalta que os VANTs, aeronaves de pequeno porte não tripuladas, destacam-se pela geração de imagens que possibilitam a análise

detalhada do terreno. As imagens tratadas produzem informações de diversas ordens, como as imagens visíveis, altimétrica e NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*, que quantificam os teores fotossintéticos permitindo diversas análises que auxiliam na tomada de decisão.

Os VANTs são pequenas aeronaves que, possuem a capacidade de executar tarefas como vigilância, monitoramento, reconhecimento tático e mapeamento, entre outras, sem piloto a bordo, contudo, os VANTs têm limitações em termos de capacidade de carga a bordo e condições climáticas. Se equipadas com sensores e transmissores de dados que lhes permitem cumprir missões determinadas, são capazes de transmitir, em tempo real os dados recolhidos. Eles são pilotados ou controlados à distância, por meio eletrônico e computacional, supervisionados pelo operador ou controladores lógicos programáveis (MEDEIROS, 2007).

Para JORGE e INAMASU, (2014), é notável a diferença de cobertura dos VANTs comparadas com as de satélite e aeronaves tripuladas. Nessas condições, apesar da cobertura ser menor, se ganha em flexibilidade de uso, tornando-o muito útil na análise de corpos aquáticos e bacias hidrográficas.

De acordo (COSTA JUNIOR, 2017), a utilização de VANT auxilia a verificação de áreas de riscos, reconhecimento de elementos visíveis, posicionamento espacial integrado e, conseqüentemente permite a execução de levantamentos planialtimétricos de forma mais rápida em áreas de preservação ambiental e em áreas urbanas, uma vez que a equipe terá condições de planejar as metodologias de execução do levantamento a partir das especificações identificadas por meio da aeronave, que registra detalhes da área por meio de fotografias (fotogrametria).

4. METODOLOGIA

A metodologia do presente estudo visou o monitoramento da qualidade da água a partir do enfoque da ciência cidadã. Partindo do conceito de bacia de aprendizado, com estabelecimento de parcerias de modo a reconhecer e integrar os cientistas cidadãos para o monitoramento participativo em conjunto com a universidade, com o intuito de divulgar as informações coletadas para a comunidade. A sequência das etapas do projeto é mostrada na Figura 4.1, conforme o fluxograma metodológico.

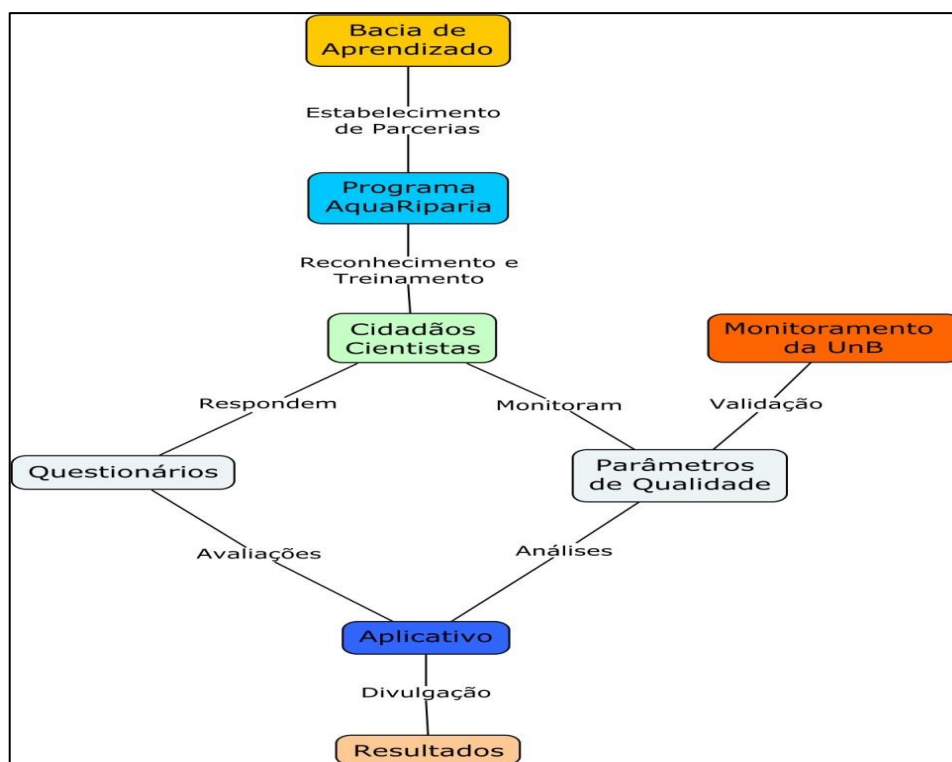


Figura 4. 1 – Fluxograma metodológico da sequência das etapas do projeto.

4.1. ÁREA DE ESTUDO

A localização da estação de monitoramento levou em consideração a relação e a realidade dos cidadãos de Brazlândia com a bacia hidrográfica mais próxima. Bacia esta que contém córregos que passam por dentro da cidade e o lago recreativo veredinha, são estes os ambientes aquático contíguos à mancha urbana, onde a comunidade usufrui de suas águas e quase não dispõe de qualquer informação quali-quantitativa, principalmente no ponto que está sendo monitorando por via da ciência cidadã, neste ponto não existem dados amostrados.

A atual crise hídrica na região e a importância que o reservatório do lago Descoberto representa para os cidadãos do DF reforçam a escolha do local de estudo.

A Sub-Bacia do córrego Chapadinha, afluente do lago Descoberto, foi a selecionada por apresentar-se como uma bacia com características urbanas e rurais, integrada ao cotidiano da população de Brazlândia, possibilitando a formação de parcerias locais para realizar o monitoramento participativo de qualidade da água.

O estudo foi desenvolvido em cooperação com a Escola Parque da Natureza de Brazlândia. A Escola foi criada em 2014 e localiza-se próximo ao córrego Chapadinha. O córrego pode ser acessado pelos fundos da área da Escola e assim, não havia empecilhos para os estudantes que compuseram o grupo de cientistas cidadãos se deslocarem até o córrego para realizar o monitoramento da qualidade da água. Além disso, o projeto AquaRiparia realizou parceria com a Universidade de Brasília em projetos similares nos dois anos anteriores, possibilitando uma continuidade do processo de aquisição de dados, possibilitando a complementaridade do assunto, gerando um ganho mútuo entre os participantes do projeto.

A Sub-Bacia foi recomendada por Costa (2017), pois é a bacia hidrográfica que apresenta os locais mais populares entre os alunos integrantes do projeto, que passa no interior da zona urbana de Brazlândia, e por ser um ambiente aquático de maior interesse dos cidadãos, para que pudesse gerar maior envolvimento dos participantes.

A Figura 4.2 apresenta o Mapa de Localização do presente projeto, que contém a localização das principais nascentes e rios da bacia, o lago veredinha e a Escola Parque da Natureza de Brazlândia (EPNBrazlândia), ponto de coleta das amostras de quantidade e qualidade de coordenadas (15°41'31.20" S; 48°12'10.80" O).

O local de monitoramento está localizado ao fundo do lote em que está a Escola, local de simples acesso, demonstrando ser um local propício para engajar os voluntários, facilitando a participação de todos.

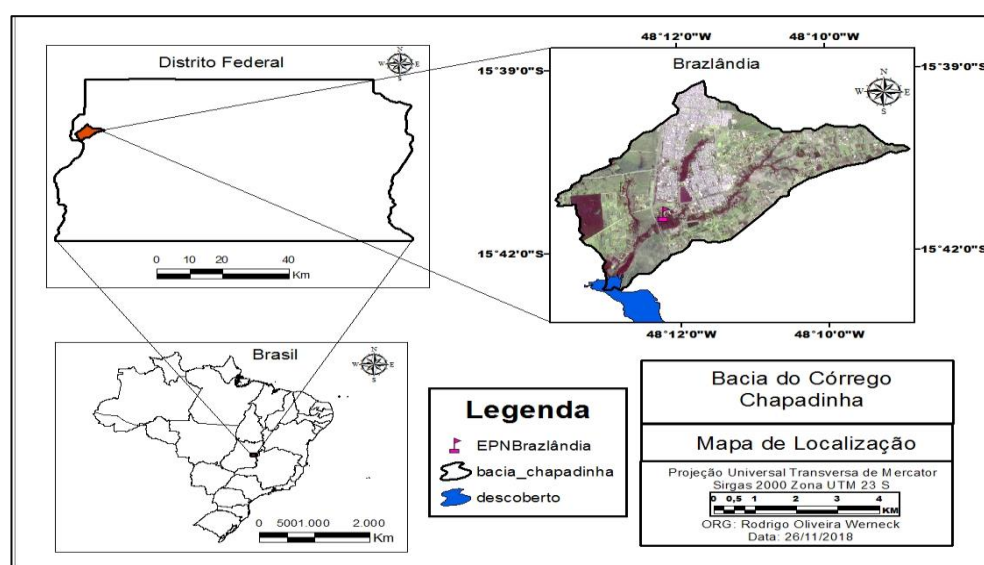


Figura 4. 2 – Mapa de Localização do ponto de estudo do projeto, na Escola Parque da Natureza de Brazlândia.

A proposta para o reconhecimento dos cidadãos cientistas da bacia foi voltada à Escola Parque da Natureza de Brazlândia, frequentada por alunos de oito (8) escolas de rede pública de Brazlândia, tanto urbanas quanto rurais, e pelos bolsistas de iniciação científica pelo Programa AquaRiparia.

4.2. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA

A Sub Bacia do Córrego Chapadinha, afluente à Bacia do Descoberto está localizado no Brasil, na Unidade Federativa do Distrito Federal, em sua parte noroeste, na região administrativa de Brazlândia, a 50 km do centro de Brasília. Os dados foram processados no *software* ArcGIS 10.4, gerando por conseguinte os mapas que caracterizam ambientalmente a área de estudo.

A partir do geoprocessamento de arquivos do tipo *shapefile* das bases de dados (FERRIGO, 2014; I3GEO, 2018; SEGETH, 2018; SIEG, 2018; USGS, 2018) foi possível gerar os mapas de Geomorfologia, Geologia, Solos, Uso do Solo, Altimetria, APA do Descoberto, APP dos Recursos Hídricos, Evolução Urbana, Diversidade de Usos Urbanos e Enquadramento dos corpos aquáticos, sendo recortada suas feições para a bacia de estudo através da ferramenta clip no ArcGIS 10.4.

A base de dados em formato *shape file* referente ao zoneamento ecológico e econômico da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno - RIDE/DF, foi baixado do portal da I3GEO pertencente ao MMA (I3GEO, 2018). A base de dados de tipos de solos foi obtida da SIEG (2014). A base de dados que englobou as Áreas de Preservação Ambiental (APA), Áreas de Proteção Permanente (APP), Unidades de Conservação (UC), vegetação, escolas da rede pública, evolução urbana, lagos e reservatórios, setores urbanos, lotes e quadras, além dos *shape files* de diversidade de usos foram baixados do Geoportal (SEGETH, 2018). A carta/mosaico da região do projeto com resolução espacial de 30 metros do satélite Landsat-8 foi baixado do Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS, 2018). O Modelo Digital de Elevação – MDE foi obtido da base de dados Topodata do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

A delimitação da bacia hidrográfica e da rede de drenagem foi feita utilizando a delimitação automática, através da ferramenta de delimitação da Bacia Hidrográfica com o auxílio das extensões *Spatial Analyst* e *ArcHydro* (ESRI, 2018). Foram

utilizadas as bases de dados vetoriais em formato *shape file* do DF e dos municípios da Bacia do Paraná da ANA por meio da plataforma Hidroweb.

O mapa de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica foi gerado a partir da base de dados de (FERRIGO, 2014). A análise do uso da terra é uma ferramenta essencial para a compreensão do funcionamento da bacia, podendo identificar as áreas mais suscetíveis a impactos ambientais de diversas conjunturas como pontos de alagamentos, áreas de desmatamento, áreas urbanas, vias, corpos hídricos, entre outros.

O mapa Hipsométrico (altimetria) foi elaborado com base na reclassificação do MDE em classes de intervalos iguais a 50 m com o software ArcGIS. A altimétrica foi classificada em cinco (5) grupos de altitude evidenciados na bacia, entre as cotas (1035 – 1080 m), (1080,01 – 1130,00 m), (1130,01 – 1180,00 m), (1180,01 – 1230,00 m) e (1230,01 – 1285 m). Por baixo do mapa hipsométrico foi adicionado um mapa de relevo sombreado obtido com a ferramenta de sombreamento (*hillshade*) para gerar um efeito de relevo ao mapa hipsométrico.

O mapa Clinográfico (declividade) foi obtido através da ferramenta declividade também com utilização do *software* ArcGIS. Para definição de classes foi utilizada a divisão de classes da Embrapa (1979) mostrada na Tabela 4.2.

Tabela 4. 1 – Classes de declividade. Fonte: Embrapa (1979).

Classe de declividades (%)	Descrição
0 – 3	Relevo plano
3 – 8	Relevo suavemente ondulado
8 - 20	Relevo ondulado
20 – 45	Relevo fortemente ondulado
45 – 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo fortemente montanhoso

A classificação do mapa da Área de Proteção Permanente – APP - do bacia em estudo resultou em três feições distintas de proteção ambiental, uma sendo a APP de nascentes que se deve respeitar uma margem do tamanho de um raio de 50 m, contados a partir do centro do afloramento, outra sendo a APP de cursos d'água com largura menor que 10 m, necessitando respeitar uma margem de 30 m de ambos os

lados do corpo hídrico e por último a APP de recursos hídricos ocupadas, indicando um descumprimento com a área de preservação, sendo ocupadas por aglomerados urbanos de uso residencial e comercial.

O levantamento dos parâmetros morfométricos foi baseado na proposta de (HORTON, 1945), apresentada na literatura de (CHRISTOFOLETTI, 1980). A análise morfométrica da Sub-Bacia foi realizada a partir das características geométrica, de relevo e das características da rede de drenagem. As variáveis escolhidas foram baseadas nos trabalhos de (ROCHA *et al.*, 2014) e (SANTOS *et al.*, 2012).

Na caracterização geométrica foram determinados a área (A), o perímetro (P), o número de canais, o comprimento do eixo da bacia (L_{eixo}), o coeficiente de compacidade (Kc), o fator de forma (F), o índice de circularidade (IC) e a densidade hidrográfica (Dr). Na caracterização do relevo foi determinada a altitude máxima, média e mínima, a amplitude altimétrica (Hm), o índice de sinuosidade (Is), o gradiente dos canais (Gc) e relação de relevo (Rr). Enquanto na caracterização da rede de drenagem foi determinado o comprimento do canal principal (L), o comprimento total dos canais (Lt), o comprimento vetorial do canal principal (Ev), a densidade de drenagem (Dd), o coeficiente de manutenção (Cm), o índice de rugosidade (Ir) e a ordem da bacia.

Área da bacia (A) – representa a medida da área drenada pelo conjunto da rede fluvial, em plano horizontal, em km². Para uma bacia de maior área, maior será a complexidade do monitoramento. A área é uma variável, básica e fundamental para o cálculo das demais variáveis morfométricas, conforme (ROCHA *et al.*, 2014).

Perímetro da bacia (P) – representa o comprimento da linha imaginária ao longo do divisor de águas que delimita a área da bacia hidrográfica, em Km, conforme (ROCHA *et al.*, 2014).

Coeficiente de Compacidade (Kc) – representa uma grandeza adimensional que varia com a forma da bacia, independente do seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo, igual a uma unidade (1) representaria uma bacia circular, enquanto para uma bacia alongada o seu valor seria significativamente superior à unidade (1), calculado pela Equação (4.1), segundo (ROCHA *et al.*, 2014).

$$Kc = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \text{Eq. (4.1)}$$

Em que:

Kc representa o coeficiente de compacidade;

P é o perímetro da bacia em Km e;

A é a área da bacia em Km².

Fator de forma (F) - relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (do exutório ao ponto mais longínquo do canal principal), sendo calculado através da Equação (4.2), conforme (ROCHA *et al.*, 2014).

$$F = \frac{A}{L^2} \quad \text{Eq. (4.2)}$$

Em que:

F, adimensional, representa o fator de forma;

A é a área da bacia em Km² e;

L é o comprimento do canal principal da bacia em Km.

Índice de Circularidade (IC) - o índice de circularidade, grandeza adimensional, tende para unidade (1) à medida que a bacia aproxima-se a forma circular e menor que a unidade (1) à medida que a forma torna-se alongada. Seu calculo é dado pela Equação (4.3), segundo (ROCHA *et al.*, 2014).

$$IC = \frac{12,57 * A}{P^2} \quad \text{Eq. (4.3)}$$

Em que:

IC é o índice de circularidade;

A é a área da bacia em Km² e;

P é o perímetro da bacia em Km.

Densidade hidrográfica (Dr) - definido por (HORTON, 1945), é a relação existente entre o número de rios, ou cursos de água, e a área da bacia hidrográfica. O parâmetro compara a frequência ou a quantidade de cursos de água existentes em uma

área de tamanho padrão, demonstrado na Equação (4.4), de acordo com (ROCHA *et al.*, 2014).

$$Dr = \frac{N}{A} \quad \text{Eq. (4.4)}$$

Em que:

Dr representa a densidade hidrográfica;

N é o número de canais ou cursos d'água e;

A é a área da bacia em Km².

Para a caracterização de relevo da Sub-Bacia foram determinados as altitudes máxima, mínima e média, a amplitude altimétrica, o índice de sinuosidade, o gradiente de canais e a relação de relevo com o auxílio da análise topográfica das curvas de nível no programa Arcgis.

Amplitude altimétrica máxima da bacia (Hm) - corresponde à diferença altimétrica entre a cota do exutório e a cota do ponto mais alto situado em qualquer local do divisor de águas. Este conceito considera que o ponto mais elevado da bacia deve ser a média das cotas mais elevadas, pois o seu ponto alto não compreende toda a porção mais elevada, a amplitude altimétrica, em metros, é dada pela Equação (4.5), conforme (SANTOS *et al.*, 2012).

$$Hm = P1 - P2 \quad \text{Eq. (4.5)}$$

Em que:

Hm representa a amplitude altimétrica da bacia;

P1 é o ponto mais alto e;

P2 é o ponto mais baixo da bacia hidrográfica.

Índice de sinuosidade (Is) – parâmetro adimensional que mede a relação entre a distância do exutório e a nascente da bacia mais distante, dado pela Equação (4.6), segundo (ROCHA *et al.*, 2014).

$$Is = \frac{100(L-Ev)}{L} \quad \text{Eq. (4.6)}$$

Em que:

Is representa o índice de sinuosidade;

Ev é o equivalente vetorial medido em linha reta, e;

L é o comprimento do canal principal em Km.

Gradiente de canais (Gc) – é a relação entre a altitude máxima da bacia e o comprimento do canal principal. Este índice tem por finalidade indicar a declividade dos cursos d'água da bacia, dado pela Equação (4.7), segundo (SANTOS *et al.*, 2012).

$$Gc = \frac{A_{max}}{L} \quad \text{Eq. (4.7)}$$

Em que:

Gc representa o gradiente de canais em porcentagem;

A_{max} é a altitude máxima da bacia em m, e;

L é o comprimento do canal principal em Km.

Relação de relevo (Rr) - representa a relação entre a amplitude altimétrica da bacia e o comprimento do canal principal. O valor de (Rr) está diretamente relacionado com a declividade da bacia, portanto, quanto maior for a relação de relevo, maior será o desnível entre a cabeceira e o exutório, conforme (SANTOS *et al.*, 2012). Para o cálculo da relação de relevo foi utilizada a equação (8).

$$Rr = \frac{Hm}{L} \quad \text{Eq. (4.8)}$$

Em que:

Rr representa a relação de relevo da bacia m/Km;

Hm é a amplitude altimétrica em m, e;

L é o comprimento do canal principal em Km.

Para caracterização da rede de drenagem foi necessário determinar a densidade de drenagem, o coeficiente de manutenção e o índice de rugosidade.

Comprimento do canal principal (L) – representa a distância que percorre o corpo d'água, da nascente principal até o exutório da bacia hidrográfica, em km, segundo (ROCHA *et al.*, 2014).

Ordem dos cursos d'água - a ordem dos cursos d'água foi determinada conforme (STRAHLER, 1957), onde os menores canais sem tributários são considerados de primeira ordem; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens; os canais de quarta ordem surgem da confluência de canais de terceira ordem, podendo receber tributários de ordens inferiores, assim sucessivamente.

Densidade de drenagem (Dd) - correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica. A densidade de drenagem foi definida por (HORTON, 1945), podendo ser calculada pela Equação (4.9).

$$Dd = \frac{L_t}{A} \quad \text{Eq. (4.9)}$$

Em que:

Dd representa a densidade de drenagem, Km/Km²;

L_t é o comprimento total dos canais em Km, e;

A é a área da bacia em Km².

Coefficiente de manutenção (Cm) - esse índice tem a finalidade de fornecer a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento. (CHRISTOFOLETTI, 1980) considera-o como uma das mais importantes variáveis morfométricas para a caracterização do sistema de drenagem, podendo ser calculado através da Equação (4.10).

$$Cm = \frac{1}{Dd} * 1000 \quad \text{Eq. (4.10)}$$

Em que:

Cm é o coeficiente de manutenção;

D_d é ao valor da densidade de drenagem, em metros.

Índice de rugosidade (Ir) - o índice de rugosidade é o produto das classes de declividade, representados pela amplitude altimétrica com a densidade de drenagem,

sendo expresso como um número adimensional dado pela Equação (4.11) segundo (ROCHA *et al.*, 2014).

$$Ir = Hm * Dd \quad \text{Eq. (4.11)}$$

Em que:

Ir representa o índice de rugosidade;

Hm é a amplitude altimétrica em metros, e;

D_d é a densidade de drenagem em m⁻¹.

Com todas as variáveis morfométricas citadas acima foi possível caracterizar a Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, de acordo com suas variáveis geométricas, de relevo e da rede de drenagem.

4.3. APLICAÇÃO DE VANT NO MAPEAMENTO DO PARQUE VEREDINHA E NA GERAÇÃO DE MODELOS TRIDIMENSIONAIS.

Para validar o conceito de bacia hidrográfica e a importância que as nascentes têm para o monitoramento da qualidade da água, foi realizado um aerolevanteamento do Parque Ecológico Veredinha em Brazlândia/DF, o levantamento foi processado no software Pix4Dmapper, da empresa DJI (DJI, 2018).

Nesse sentido enfatizou-se a nitidez das fotografias e sua importância na constituição de mapeamentos temáticos, entre eles, o Ortofotomosaico, o Modelo Digital de Superfície (DSM) e o mapa das curvas de nível da área mapeada. A resolução espacial das imagens geradas foi de 3,67 cm, cobrindo em uma das etapas de processamento do projeto, uma área de 0,457 km², trabalhando em média com 500 imagens por processamento.

A região (1), delimitada ao norte pelas coordenadas (15°40'03.7"S; 48°11'40.1"W) e ao sul pelos pares de coordenadas (15°40'20.3"S; 48°11'44.3"W), foi a primeira área selecionada para o aerolevanteamento deste estudo, Figura 4.3. A região mais elevada do parque ecológico veredinha, compreendendo as nascentes do córrego, as trilhas superiores até o centro de ensino fundamental 02, localizados na região administrativa de Brazlândia/DF. O parque ecológico veredinha é uma unidade de

conservação que está inteiramente dentro do centro urbano de Brazlândia, a cerca de 50 km do centro de Brasília/DF.



Figura 4. 3 - Área Mapeada parte 1 - Montante.

A região mediana do parque, compreendendo a rodoviária de Brazlândia em seu ponto mais boreal e a rua A do setor norte no seu ponto mais austral. A região (2) é delimitada pelas coordenadas ($15^{\circ}40'19.9''S$; $48^{\circ}11'56.7''W$) ao norte e pelas coordenadas ($15^{\circ}40'35.0''S$ $48^{\circ}11'50.3''W$) ao sul. Área também localizada, totalmente, na região administrativa de Brazlândia/DF, Figura 4.4.



Figura 4. 4 - Área Mapeada parte 2 - Médio.

A região jusante do parque, compreendendo a quadra 5 do setor norte, ruas a, b e c, o posto de saúde de Brazlândia, a Emater-DF e o centro educacional 02 de Brazlândia. A região (3) é delimitada pelas coordenadas ($15^{\circ}40'32.1''\text{S}$; $48^{\circ}11'49.1''\text{W}$) ao norte e pelas coordenadas ($15^{\circ}40'48.2''\text{S}$; $48^{\circ}11'52.5''\text{W}$) ao sul. Área inteiramente pertencente à zona urbana de Brazlândia/DF, Figura 4.5.



Figura 4. 5 - Área Mapeada parte 3 - Jusante.

4.3.1. Aeronave e Sensor

O modelo do veículo aéreo não tripulado utilizado na obtenção das imagens deste estudo foi o Mavic Pro, um quadricóptero desenvolvido pela empresa DJI, Figura 4.6. O modelo pesa 743 g (incluindo baterias e hélices) e, portanto se enquadra na Classe 3 da Resolução nº419 (RBAC-E nº 94) da ANAC (2017), possui 33,5 cm no seu comprimento diagonal, velocidade máxima de subida de 5 m/s e de descida de 3 m/s, podendo atingir na sua velocidade máxima horizontal, sem vento, no modo esportivo, correspondente a 65 km/h.

O tempo máximo de voo (autonomia do voo) é de aproximadamente 21 minutos para cada bateria utilizada (deixando 15 % da bateria remanescente). Possui GPS integrado de navegação, o que possibilita a realização de missões no modo totalmente automático, desde a decolagem até a aterrissagem do aeromodelo. O *Mavic Pro* possui mecanismo de estabilização nos três eixos (*pitch*, *yaw* e *roll*), conhecido

como *Gimbal*, cujo objetivo é minimizar as variações da câmera durante o voo, no momento de captura da imagem. Esta estabilização é essencial na captura de fotos com qualidade.

O sensor acoplado, na plataforma utilizado na captura das imagens, foi a câmera digital fotográfica 1/2.3" (CMOS), com 12,35 Megapixel (4.000 x 3.000 pixels), lentes FOV 78.8° 26 mm (35 mm formato equivalente), f/2.2, foco de 0.5 até ∞ , velocidade de disparo de 8 s/8000s.



Figura 4. 6 – Mavic Pro. Exemplar do VANT utilizado na captura das imagens.
Fonte: DJI, (2018).

4.3.2. Planejamento das missões

As etapas realizadas nos aerolevantamentos, o planejamento de voo, o voo com sobreposição, a obtenção de imagens georreferenciadas, o processamento das imagens, a geração dos mosaicos, a geração do modelo em três dimensões, a análise dos produtos em uma ferramenta GIS e a geração dos resultados seguiram as diretrizes metodológicas sugeridas por (ATAÍDE, 2016), conforme o fluxograma na Figura 4.7.

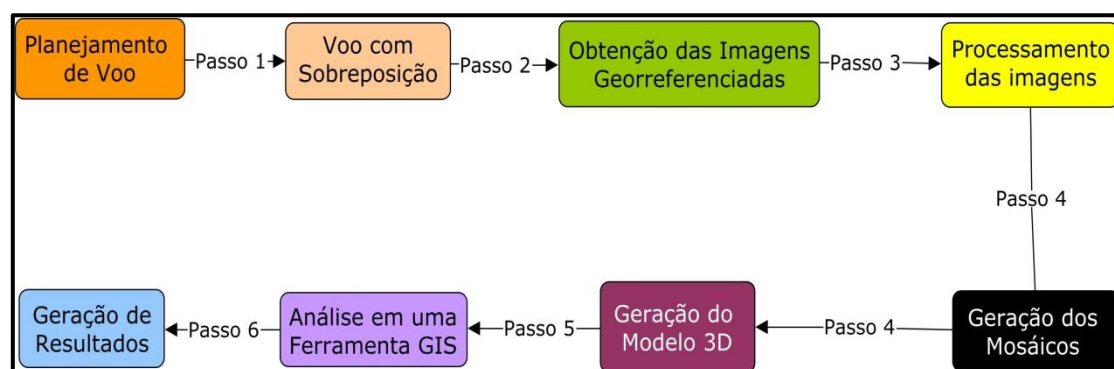


Figura 4. 7 – Fluxograma básico de VANT para a obtenção de produtos cartográficos.
Fonte: Adaptado de (ATAÍDE, 2016).

4.3.3. Plano de Voo

O plano de voo foi definido acima das áreas de interesse, parque veredinha, por meio da utilização do aplicativo *Drone Deploy*, desenvolvida pela empresa chinesa DJI. Este aplicativo foi adquirido na loja virtual de aplicativos *play store* e possui licença livre. O *software*, habilitado a conectar com VANT's da série Mavic (DJI), permitiu a criação de um plano de voo pré-definido, sistemático e automatizado. Após definida, durante o planejamento de voo, a altitude de voo de 110 m, taxa de sobreposição entre fotos (longitudinal) equivalente a 84% e entre faixas (lateral) equivalente a 70% e a área a ser mapeada de 204 hectares, com aquisição de 2473 imagens entre 8 trocas de baterias, foi realizada a entrada desses parâmetros no aplicativo, e manualmente, por meio da função toque na tela do aparelho, delimitado o trajeto de voo acima da área de interesse, de acordo com a Figura 4.8.

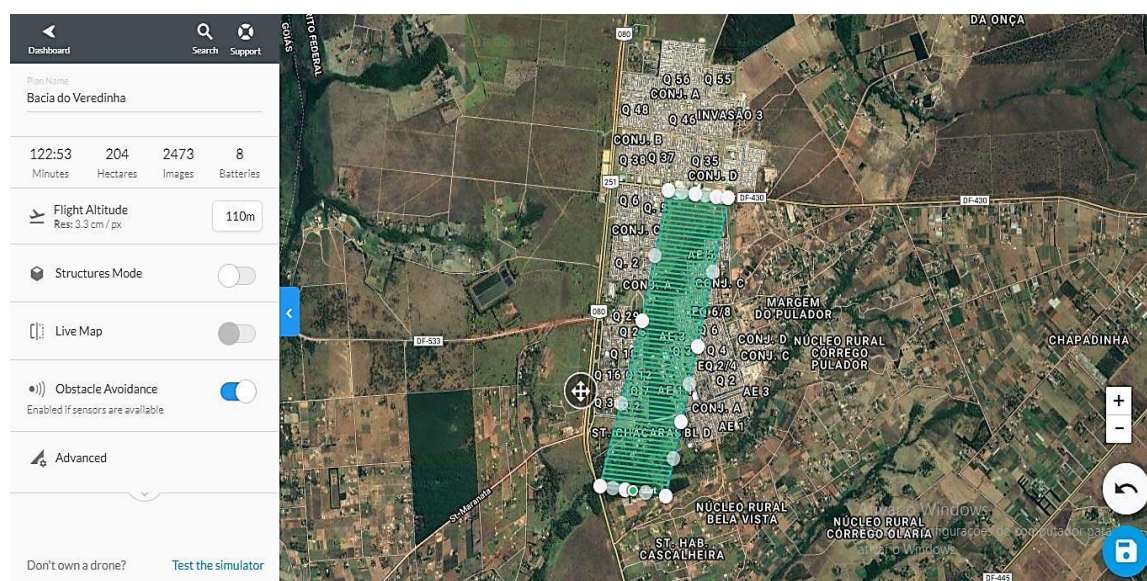


Figura 4. 8 – Plano de voo da área em estudo na bacia hidrográfica do Córrego Chapadinha - Brazlândia/DF.

4.3.4. Processamento das imagens

O processamento das imagens foi realizado na ilha de edição (*Home Office*) pertencente ao autor do projeto e dividido em duas fases. O computador utilizado no processamento das imagens possui sistema operacional instalado *Windows 10 Professional* (64 bits) com processador IntelCore i7-8700, CPU @ 3.2 GHz, 4.6 GHz

Max Turbo, com 6 núcleos e 12 processadores lógicos; memória RAM instalada igual à 16 Gb e processador gráfico *onboard* GEFORCE GTX 1080 G1 GAMING; com placa mãe ROG STRIX Z370-F GAMING DDR4 da fabricante ASUS.

Na primeira fase, as imagens foram processadas utilizando o *software Pix4Dmapper* versão 4.3.31 (licença temporária gratuita – 15 dias). Este software é uma ferramenta para o processamento fotogramétrico profissional, inclusive adaptado para processar imagens obtidas por meio de VANT. O software utiliza algoritmos de visão computacional que permitiu a geração de imagens ortorretificadas e de dados espaciais em três dimensões para aplicação no Sistema de Informações Geográficas - SIG.

A Figura 4.9 apresenta as etapas resumidas de processamento até a obtenção dos ortofotomosaicos, modelos 3D da paisagem e modelo digital de elevação. A Etapa 1 consistiu em adicionar as fotos obtidas durante o aerolevanteamento. Assim mostrados na figura a seguir, as fotos são posicionadas sistematicamente no ambiente de trabalho do *software*, de acordo com a posição geográfica obtida pelo GPS integrado. Na Etapa 2 foi realizado o alinhamento das fotos, por meio da detecção, seleção e cruzamento dos pontos homólogos das imagens adicionadas, gerando uma nuvem de pontos, após estabelecidos o nível de qualidade de saída requerido.

A Etapa 3 consistiu na construção da nuvem densa de pontos com a nuvem de pontos gerados na etapa anterior, após estabelecido a qualidade de saída baixa com tempo de processamento rápido. Na Etapa 4 foi construído o modelo, após estabelecidos o tipo de superfície, a fonte dos dados e a contagem das faces.

A Etapa 5 consistiu na construção do mapa 3D texturizado, com balanceamento de cores para formar a malha em três dimensões. Na Etapa 6 foi realizado um mosaico de 3 imagens do VANT – Montante, Médio e Jusante, estabelecendo o datum utilizado para o georreferenciamento da imagem (WGS 84/UTM Zona 22 S) e a resolução da imagem espacial com 3.67 cm.

Na Etapa 7, foi construído o Modelo Digital de Elevação, utilizando o mesmo datum selecionado na etapa anterior e, como fonte de dados, a nuvem densa de pontos.

Na Etapa 8, foi gerado o mapa de reflectância na aba calculadora de índices, com resolução espacial com 3.67 cm, por meio do índice elaborou-se um mapa de temperatura da superfície da área em análise.

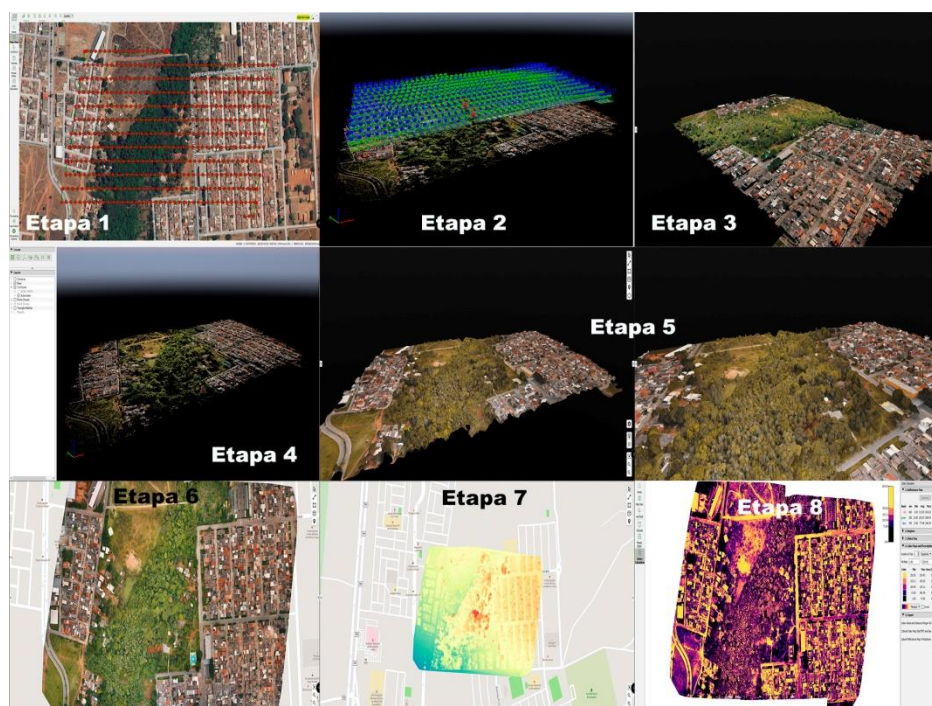


Figura 4. 9 – Produtos obtidos nas etapas de processamento das imagens de VANT no programa Pix4Dmapper.

Na segunda fase, as análises e os mapas gerados foram realizadas utilizando o *software* ArcGIS/ArcMap 10.4, desenvolvido pela empresa norte americana *Environmental Systems Research Institute* (ESRI, 2018), definindo o sistema de coordenadas e de projeção para os mapas gerados como (WGS 84, UTM 23S) para coincidir com as mapas geradas da bacia do chapadinha elaboradas pelo autor.

4.4. INTEGRAÇÃO DOS VOLUNTÁRIOS

Ocorreram trocas de conhecimento com o objetivo de esclarecer os procedimentos de monitoramento de qualidade de águas superficiais. A Escola Parque da Natureza apresentou-se um ambiente adequado para a realização da capacitação dos voluntários, ofertando, ainda, recursos digitais para o desenvolvimento pedagógico e científico, além de ser um bom espaço físico, que inclui, ainda, uma horta urbana.

Foi disponibilizado pela escola, um espaço, de frente para o córrego, para a realização do treinamento dos cidadãos cientistas e também para a realização das

análises com o Kit após a coleta das amostras no córrego Chapadinha. A coordenação da Escola favoreceu nossa atividade incluindo o monitoramento como uma atividade de aula integrada à proposta pedagógica da escola e que contou com todos os estudantes que estavam presentes à escola nos dias de monitoramento.

Para a capacitação dos voluntários, foram realizadas dinâmicas com a temática da água. Estas atividades visaram incorporar a importância da água e os fatores que influenciam em sua qualidade por meio de questionamentos e atividades lúdicas, que despertem o interesse do participante em utilizar o kit de forma adequada para lidar com o monitoramento da qualidade da água.

O kit utilizado pelos estudantes da escola, durante todo o monitoramento cidadão do Córrego Chapadinha/DF foi o Ecolite Técnico - Água Doce / Salgada, fornecido pela empresa Alfakit, conforme a Figura 4.10.



Figura 4. 10 – EcoKit utilizado nas análises de qualidade da água.
Fonte: ALFAKIT (2018).

O Ecolite é baseado, principalmente, no método colorimétrico para comparação visual. Neste método, soluções específicas são adicionadas às amostras de água que adquirem colorações de acordo com os valores do parâmetro a ser medido.

A comparação das amostras de água, considerando a intensidade da cor resultante da mistura, com escalas de cores pré-definidas resulta em faixas de valores que permitem uma estimativa dos parâmetros de qualidade da água.

O EcoKit é um kit educativo composto por frascos, reagentes e outros materiais necessários para a realização de análises físico-químicas que possibilitaram a análise dos parâmetros de temperatura, oxigênio dissolvido, ortofosfatos, nitrito, nitrato, amônia, nitrogênio total mineral, turbidez e pH, que seguiram o protocolo desenvolvido pela empresa para análise de parâmetros (ALFAKIT, 2018).

A Tabela 4.2 representa os parâmetros de qualidade da água presentes no EcoKit e suas respectivas faixas de detecção, permitindo um maior detalhamento na interpretação futura dos resultados advindos deste tipo de análise colorimétrica visual.

Tabela 4. 2 - Parâmetros de qualidade da água e faixas de detecção presentes no EcoKit.

Parâmetro	Faixa de Detecção	Intervalos de Medição	Unidade
Oxigênio Dissolvido	0,0 - 10	1,0	mg L ⁻¹ O ₂
pH	4,5 – 8,0	0,5	-
Amônia	0,0 – 3,0	0,10 [1]	mg L ⁻¹ N-NH ₃
Nitrato	0,1 – 2,5	0,20[1]	mg L ⁻¹ N-NO ₃
Nitrito	0,01 – 0,50	0,02[1]	mg L ⁻¹ N-NO ₂
Ortofosfatos	0,0 – 3,0	0,25[1]	mg L ⁻¹ PO ₄

[1] Apresenta intervalos de medição variável e não padronizado.

4.5. DEPOIMENTO DOS CIENTISTAS CIDADÃOS

As turmas que receberam instruções sobre a utilização do kit e sobre a dinâmica hidrológica da bacia hidrográfica em questão são advindas da Escola Classe INCRA 07 e Escola Classe da Torre, com alunos na faixa etária entre oito (8) e dezesesseis (16) anos, pertencentes do 4º ao 9º ano escolar. Além da utilização do kit, os participantes receberam questionários para registrarem informações a respeito das impressões sobre o objeto de estudo e sobre as condições do local estudado. As atividades e os questionários trabalharam a percepção dos voluntários quanto à situação do corpo d'água nos momentos de amostragem. Possibilitando também,

identificarem possíveis causas de degradação da qualidade da água, como parte do ensino prático dos parâmetros de qualidade da água e de complementação da sensibilização ambiental realizado no mesmo ponto de coleta.

Os dados do monitoramento cidadão seguiram os protocolos estabelecidos pelo manual de instruções e informações de segurança no manuseio do kit, em que cada parâmetro apresenta sua metodologia própria de coleta e análise dos resultados de forma colorimétrica.

4.6. PROTOCOLOS DE COLETA E ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

O monitoramento tradicional incluindo, coliformes totais e *Escherichia coli* foram realizadas no laboratório de Saneamento Ambiental localizado no Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da UnB. Os demais parâmetros foram mensurados por uma sonda multiparamétrica da marca YSI Environmental, modelo YSI 6600 V2 Sonde, para medidas em campo. Na Tabela 4.3 são apresentados os parâmetros que foram analisados e seus respectivos métodos.

Tabela 4. 3 – Parâmetros e métodos utilizados para as análises de qualidade da água na UnB.

Parâmetros	Método	Referência
Oxigênio Dissolvido	Sonda Multiparamétrica Sensor 6562 <i>Rapid Pulse</i>	YSI 6600 V2 Sonde
Turbidez	Sonda Multiparamétrica Sensor 6136	YSI 6600 V2 Sonde
pH	Sonda Multiparamétrica Sensor 6136	YSI 6600 V2 Sonde
Temperatura	Sonda Multiparamétrica Sensor 6560	YSI 6600 V2 Sonde
Condutividade Elétrica	Sonda Multiparamétrica Sensor 6560	YSI 6600 V2 Sonde
Coliformes Totais	Colilert® (IDEXX)	Quanti Tray/2000
<i>Escherichia coli</i>	Colilert® (IDEXX)	Quanti Tray/2000
Amônia	Espectrofotometria	HACH 2400
Nitrito	Espectrofotometria	HACH 2610
Nitrato	Espectrofotometria	HACH 2530

As amostras utilizadas para gerar os dados de validação, provenientes da sonda multiparamétrica, foram colhidas sem a interferência dos voluntários na mesma

coordenada do ponto de monitoramento cidadão e as análises de verificação foram realizadas de acordo com o protocolo apresentado pelo *Standard Methods for Water and Wastewater*, de modo que outros parâmetros foram obtidos pela sonda multiparamétrica como exposto na Tabela 4.3. As amostras foram acondicionadas em gelo até o momento da análise.

A quantificação de coliformes totais e *E. coli* foi feita utilizando o kit de teste Colilert® da empresa IDEXX. Segundo cartilha do método (IDEXX, 2002), o Colilert® utiliza a tecnologia de substrato definido como, *Defined Substrate Technology*® (DST®) para detecção de coliformes totais e *E. coli* em água. À medida que os coliformes se reproduzem no Colilert®, eles utilizam a β -galactosidase para metabolizar o indicador de nutriente ONPG (o-nitrofenil- Beta -D-galactopiranosídeo) e alterá-lo de incolor para amarelo.

O *E. coli* utiliza a β -glucuronidase para metabolizar MUG (4-metil-umbeliferil- Beta -D-glucoronídeo) e desenvolver fluorescência. Enquanto que a maior parte das bactérias não coliformes não conta com estas enzimas, eles não podem se reproduzir e interferir. As poucas bactérias não coliformes que têm estas enzimas são seletivamente suprimidos pela matriz especificamente formulada do Colilert®. Este tipo de abordagem diminui a incidência de falso-positivos e falso-negativos.

Para as análises de Coliformes totais e *E. coli* foram preparadas amostras não diluída em cartelas que foram incubadas em estufa de laboratório. A estufa mostrou foi mantida a temperatura na faixa dos 37° célsius requeridos para a análise durante o período 24 horas recomendados pelo método de análise (IDEXX, 2002).

4.7. MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DA ÁGUA

Foram realizadas sete campanhas de coleta de água no córrego Chapadinha com o Ecolit e quatro amostras coletadas em termos de coliformes totais e fecais, entre elas, duas são da nascente do córrego veredinha e duas são do córrego chapadinha, entre os meses de Maio e Novembro de 2018. A metodologia de coleta de água seguiu os protocolos de coleta e análise dos parâmetros de qualidade da água apresentados pelo autor e verificados no campo.

Os cidadãos cientistas foram acompanhados pelo autor desse projeto e realizaram as análises de acordo com o aprendizado adquirido nas experiências práticas com o kit.

As três primeiras coletas, entre março e maio de 2018, contaram apenas com os estudantes e bolsistas do projeto AquaRipária, onde todos os participantes se envolviam diretamente com a coleta e análise dos dados. Enquanto que, as quatro últimas coletas, entre agosto e novembro, contaram com a participação média de aproximadamente de 30 alunos por data da coleta, além da colaboração de bolsistas do projeto AquaRipária, o autor do projeto e o orientador da pesquisa. A participação da maior parte dos estudantes se dava de forma indireta, auxiliando na análise dos dados coletados e da interpretação que os indicadores de qualidade da água representavam para o córrego chapadinha.

A técnica de medição de vazão empregada no presente estudo foi a medição indireta. De acordo com (DE CARVALHO, 2008), A medição indireta consiste de uma forma “manual” de estimar a vazão seja em rios ou córregos. É um método simples em que é exigido um embasamento teórico para se estimar a vazão. Em certos casos, estudos apenas descritivos de uma determinada área não exigem dados precisos, assim como em alguns córregos a profundidade e o fluxo de água não permitem a utilização de aparelhos mais precisos de medição de vazão. Nestes casos pode ser usado o método indireto, não convencional, para estimar a vazão, onde é determinada a largura do canal, em diferentes profundidades ao longo da seção transversal e estimado a velocidade do fluxo.

Com o uso de uma trena, foi medido a largura do canal. Após determinada a largura do canal, foi determinada sua profundidade média. Este passo foi feito com o uso de uma vara de bambu, de onde utilizava a trena para medir a altura da lâmina d'água. Em seguida, fizeram-se medições para estimar a média das profundidades. Com a média da profundidade e a distância do canal, a última variável, velocidade média do fluxo de água, foi a variável mais delicada de coleta, pelo fato de ser muito dinâmica ao longo do eixo transversal e vertical do canal.

4.8. DISPONIBILIZAÇÃO E USO DOS DADOS GERADOS PELA COMUNIDADE POR MEIO DE APLICATIVOS PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS

Um programa de um aplicativo para dispositivos móveis foi desenvolvido para receber os dados das análises de qualidade da água proveniente dos cidadãos cientistas e um sítio da internet foi criado para a divulgação dos resultados gerados. Foi utilizado um *software* livre de código fonte aberto, *Sapelli Collector* do grupo de Pesquisa ExCiteS da *University College London*, de simples resolução, acessível para pessoas iletradas e para as que desconheçam a língua oficial do projeto, no caso o português.

A plataforma *Sapelli* consiste em dois principais componentes, o aplicativo *Sapelli Collector*, que funciona como um coletor e transmissor de dados para o sistema *Android*, podendo transmitir dados para vários servidores; e um componente ainda rudimentar, na forma de servidor que permite a recepção e armazenamento de dados de forma centralizada, bem como a geração de relatórios em vários formatos, incluindo o *Comma Separated Values* – CSV, que faz um formato de terminador de linhas, separando valores com vírgulas.

O aplicativo contou com figuras ilustrativas dos parâmetros de qualidade da água analisados na coleta, que ao toque da tela se tornou disponível para os participantes inserirem os dados coletados, podendo o voluntário inserir uma foto que retratasse os resultados de cada parâmetro físico-químico após as reações com os respectivos reagentes em conjunto com as cartelas colorimétricas para comparação visual, deixando salvo no aplicativo, esta imagem que permite que outras pessoas possam confirmar e validar a análise.

Ao final de todos os testes colorimétricos, foram disponibilizados os resultados das coletas em uma aba específica dentro do sítio da internet para que a comunidade pudesse acessar e comentar sobre as possíveis causas e consequências da qualidade da água do córrego.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA

A figura 5.1 representa o mapa de Geomorfologia presente na Sub-Bacia do Córrego Chapadinha extraído do portal do (SIEG, 2018). A faixa de Dobramentos Remobilizados se apresenta na bacia em uma única feição - Dissecação Homogênea Tabular (Dt) – onde apresenta solo profundo, permeável e textura argilosa, de acordo com (SIEG, 2004). A geomorfologia identifica e classifica a origem das rochas e sedimentos presentes no local, onde a união desses dois fatores resulta no formato do terreno, chamado de relevo. O estudo do relevo é importante para saber os locais mais apropriados em termos de ocupação urbanística e rural (CHRISTOFOLETTI, 1980).

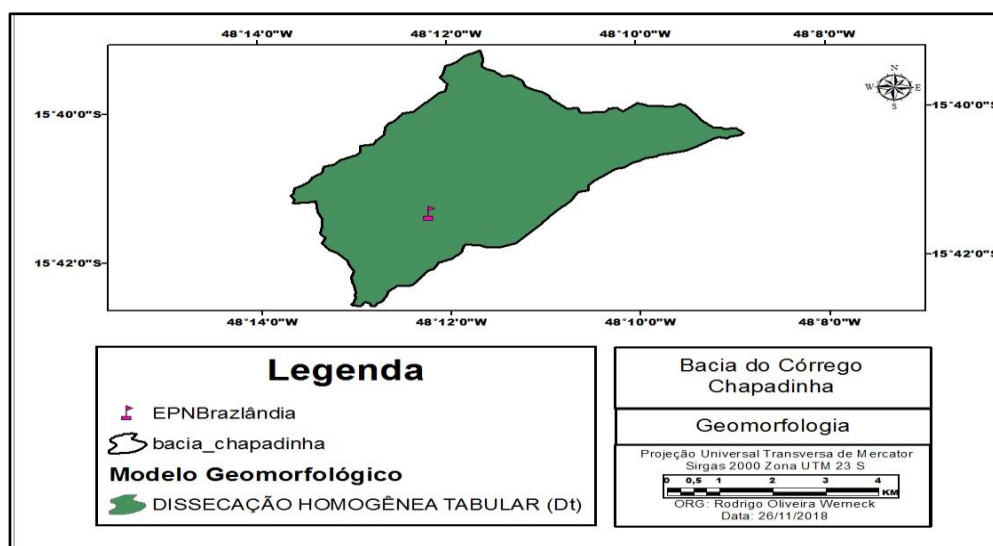


Figura 5. 1 - Mapa de Geomorfologia da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.

A Figura 5.2 representa o mapa de Geologia da área de estudo, de onde o arquivo *shapefile* foi extraído do portal da (SIEG, 2018). Ao todo quatro tipologias de solo foram classificadas na bacia hidrográfica: Massas d'água, Depósitos Aluvionares (Q2a), Rítmica Quartzítica Intermediária (MPpa3) e Coberturas Detrito-Lateríticas Ferruginosas (N1dl). Sendo a última a mais abundante, ocupando uma área de 15,59 km², 71,33 % da área total.

O segundo tipo mais predominante é o grupo de simbologia (MPpa3), que ocupa uma área de 2,63 km² e um total de 12,02% da área. O grupo de sigla (Q2a) vem em seguida, ocupando uma área de 2,4 km² e um total de 10,99 % da área. Por

fim, as massas d'água com uma área de 1,24 km², representando 5,67 % da área total. Os Depósitos Aluvionares (Quaternário) são delimitados pela planície aluvial dos córregos chapadinha, veredinha e pulador. Os solos são profundos e mal drenados, em geral, são argilosos com ocorrência de hidromorfismo e gleização (KAWAKUBO, 2005).

Os dados sobre litoestratigrafia, sistemas deposicionais e geotectônica do Grupo Paranoá que o caracterizam como uma sequência depositada originalmente em ambiente marinho, agrupadas em megaciclos sedimentares de onde surge a unidade Rítmica Quartzítica Intermediária de acordo com (BERTOLINO *et al.*, 2009). Enquanto o grupo da sigla (N1dl) se caracteriza pela litologia de arenito e conglomerado, caracterizado como material residual superficial e sedimento inconsolidado (NUNES e LEITE, 2017).

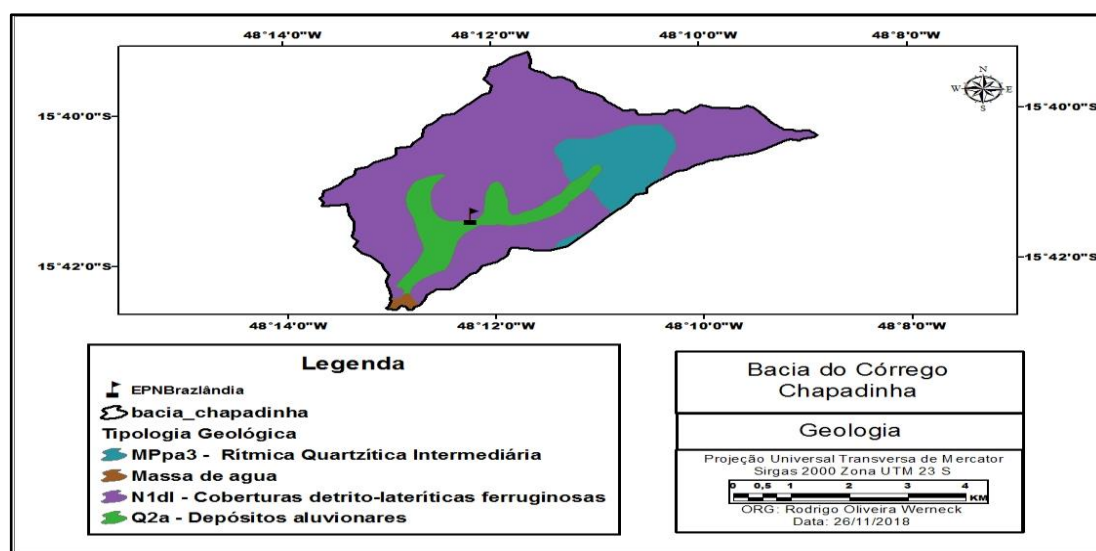


Figura 5. 2 – Mapa de Geologia da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.

Na caracterização foram encontrados dois tipos de solos distintos classificados como Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd5) e Cambissolo Háplico Tb distrófico típico (CXbd7 e CXbd9).

De acordo com (VIOLA *et al.*, 2009), os Cambissolos Háplicos geralmente são ácidos, rasos, pouco desenvolvidos, apresentando permeabilidade moderada, tendendo a ocupar áreas de relevo movimentado e terços inferiores de encostas. Enquanto que o solo caracterizado como Latossolo Vermelho distrófico típico é de origem basáltica com influência de arenito, representando solos altamente intemperizados, podendo ser

favoráveis ao cultivo agrícola com as devidas intervenções antrópicas no solo (REGITANO *et al.*, 2001).

Foi possível retratar que o Cambissolo Háplico (CXbd7) e (CXbd9) apresentam áreas de 5 Km² e 8 Km² que representam uma porcentagem 23,8% e 38,1% da área total respectivamente. Já o Latossolo compreendeu uma área de 8 Km², representando 38,1% da área total de solo da região.

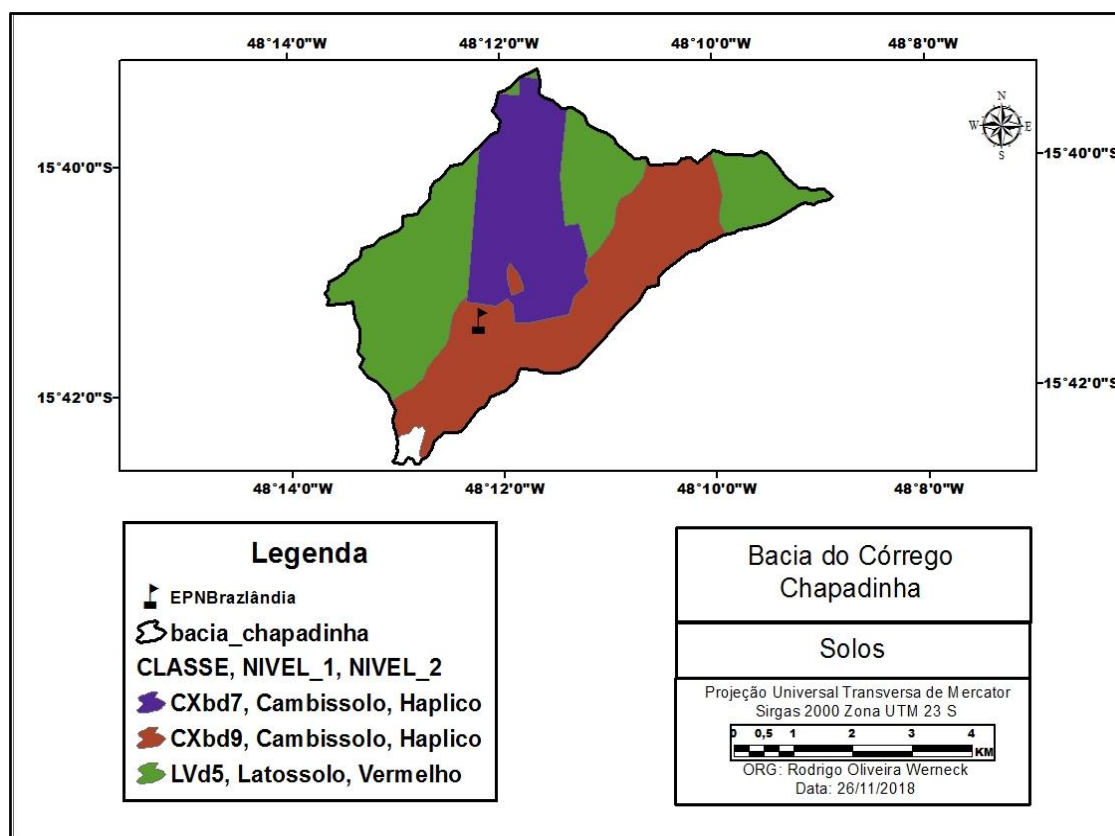


Figura 5. 3 – Mapa de Solos da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.

De acordo com a Tabela 5.1, a classe mais observada no estudo de uso do solo foi a de áreas preservadas/cerrado, contribuindo com uma área de 7,24 km², representando 33,14 % da área total. Em seguida aparece a classe de culturas anuais/olericultura, com uma área de 3,81 km², 17,45 % da área total. A terceira classe mais representativa foi a de campo limpo, uma fitofisionomia do cerrado, cobrindo uma área de 2,94 km², 13,46 % da área total. Estes valores indicam que mais de 50 % da Sub-Bacia do córrego chapadinha é composta por vegetação originária remanescente ou protegida por unidades de conservação da natureza.

No lado oposto, o grupo de classes menos significativas em percentagem de área é composto por vias pavimentadas com área de 0,21 km², representando 0,97 % do total, área vegetada com 0,18 km² de área, 0,82 % do total, solo exposto com 0,05 km² de área, representando 0,25 % do total, corpos hídricos compõe uma área de 0,04 km², representando um total de 0,19 % da área seguido pela última classe, áreas degradadas, que apresentam 0,03 km² de área que significa 0,12 % do total do projeto.

Esse grupo de classes indica que poucas áreas da bacia estão degradadas ou são áreas de cascalheiras, além de evidenciar a baixa percentagem de área restante para corpos hídricos, indicando ser uma bacia mista com composições urbanas e rurais.

Tabela 5. 1 – Tipologias de Uso e Ocupação da Terra, em área (km²) e percentagem (%) da bacia.

Tipologia	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Área Vegetada	0.18	0,82
Áreas Preservadas/Cerrado	7.24	33,14
Culturas Anuais/Olericultura	3.81	17,45
Mata de Galeria	0.90	4,10
Área Urbana <30%	0.86	3,95
Culturas Perenes/Fruticultura	0.41	1,90
Campo Limpo	2.94	13,46
Áreas Urbanas 30-50%	0.23	1,04
Reflorestamento de Pinus	0.68	3,13
Reflorestamento de Eucalipto	1.44	6,60
Solo Exposto	0.05	0,25
Áreas Urbanas 50-70%	0.22	1,02
Áreas Alagáveis/Campos de Murundu	0.30	1,37
Áreas Urbanas >70%	1.28	5,87
Água/Ponds/lagoa/açudes	0.04	0,19
Vias não Pavimentadas	0.44	2,03
Vias Pavimentadas	0.21	0,97
Áreas Degradadas/Cascalheiras	0.03	0,12
Lago Descoberto	0.57	2,62

O mapa de Uso e Ocupação da Terra da bacia hidrográfica é mostrado na figura 5.4.

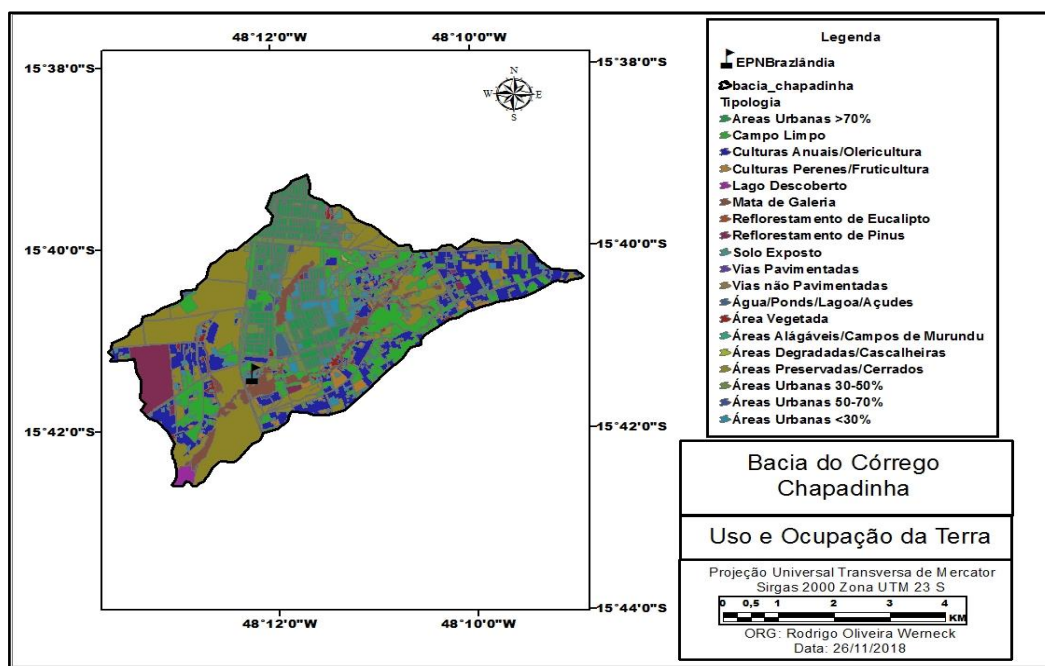


Figura 5. 4 – Mapa de Uso e Ocupação da Terra da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.

A Figura 5.5 retrata a diferença entre cotas na bacia hidrográfica, representados no mapa de altimetria, advindas da base de dados de (FERRIGO, 2014). A bacia possui uma amplitude altimétrica máxima de 260m, entre as cotas de 1289 m e 1029 m acima do nível do mar. É de se evidenciar que a bacia não possui grandes diferenças de altitude, sendo caracterizada como uma bacia suavemente plana.

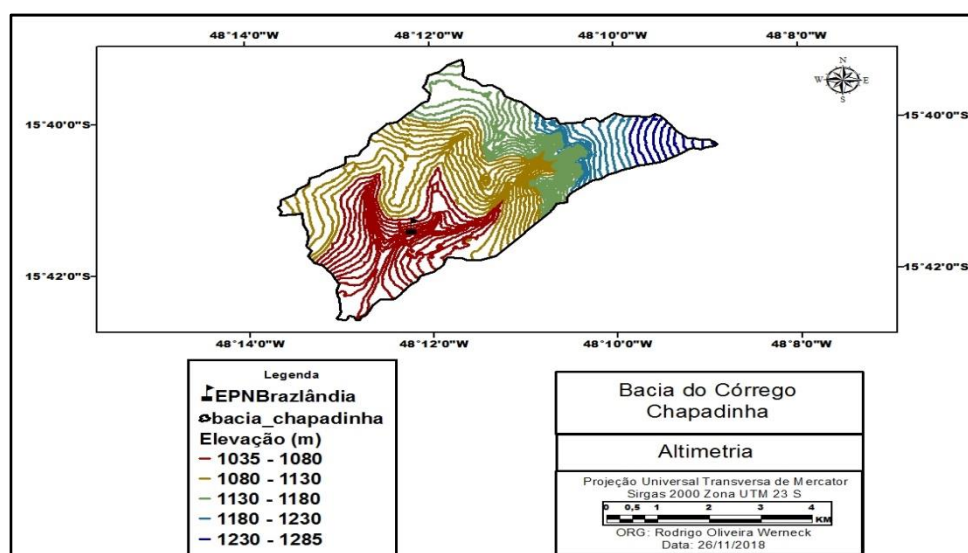


Figura 5. 5 – Mapa de Altimetria da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.

A Figura 5.6 ilustra o mapa de área de proteção ambiental do Descoberto com um recorte da APA para a bacia de interesse, adquiridas do GeoPortal (SEGETH,

2018). A área de proteção foi classificada de acordo com as seguintes tipologias, área agrícola, área de parcelamento, área de reflorestamento, área natural e área em recuperação. A tipologia agrícola apresentou área de 14,5 km², 67,3 % da área total, o parcelamento detém de uma área de 5,4 km² que representa 25,3 % do total, o reflorestamento possui uma área de 0,9 km², 4,2 % da área total, a área natural compõe uma área de 0,4 km² que representa 1,8 % do total e por último a área em recuperação com 0,25 km² de área que significa 1,1 % da área total.

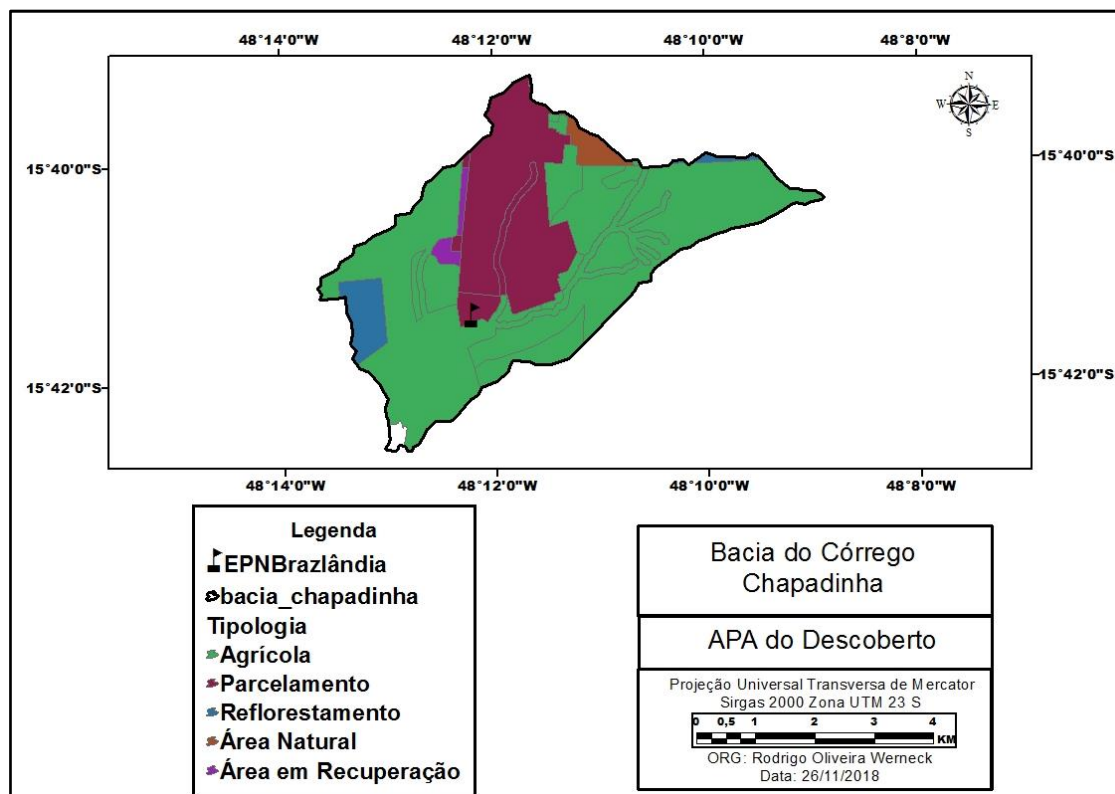


Figura 5. 6 – Mapa da APA do Descoberto na Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.

A Figura 5.7 representa a área de proteção permanente dos corpos aquáticos presentes na área de estudo, configurando o mapa de APP dos Recursos Hídricos, adquiridas do GeoPortal (SEGETH, 2018).

Ao todo são consideradas 0,02 km² de áreas de proteção permanente ocupadas, 0,08 % da área total da bacia, 0,06 km² da área são áreas de proteção permanente das nascentes, representando 0,3 % da área total e 0,9 km² são áreas de proteção ambiental de córregos e rios, representando 4,7 % da área total da bacia hidrográfica. De modo que apenas 5 % do total da bacia é considerada área de preservação permanente (APP), deixando as outras porcentagens para áreas agrícolas e urbanas.

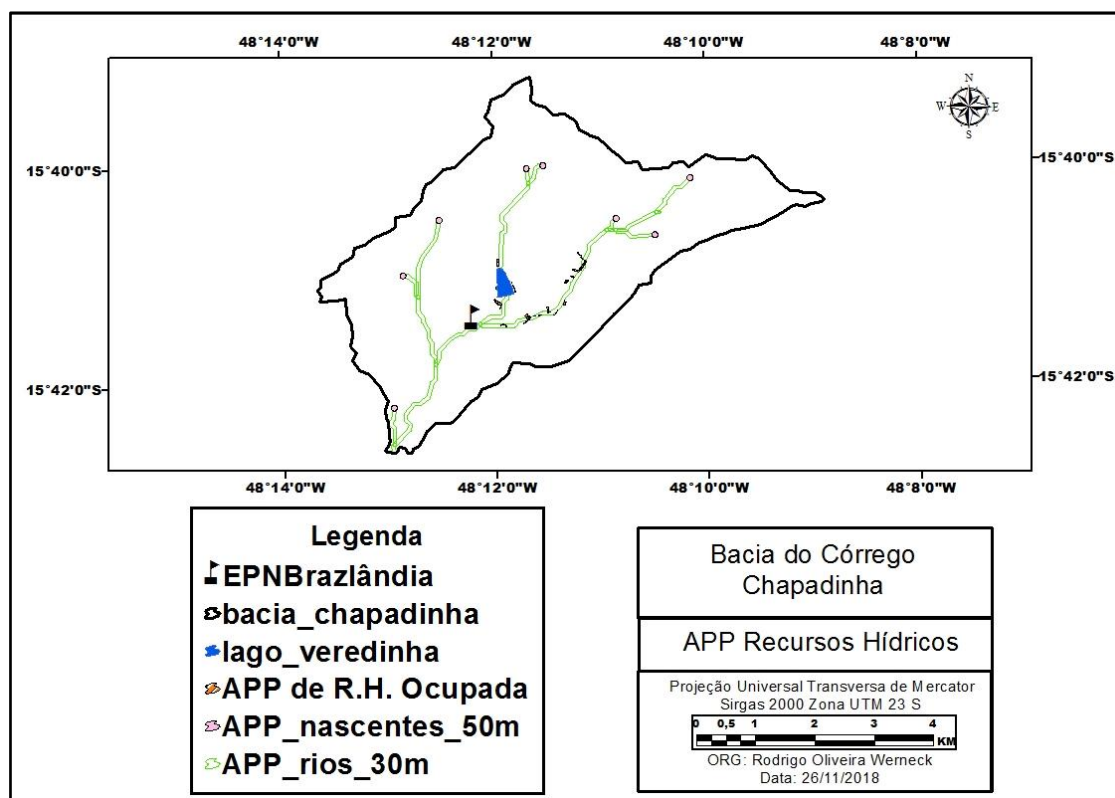


Figura 5. 7 – Mapa de APP dos Recursos Hídricos na Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.

A Figura 5.8 representa a evolução urbana da região administrativa de Brazlândia, adquiridas do GeoPortal da (SEGETH, 2018). O mapa de evolução urbana retrata através de um aerolevantamento o quanto foi o crescimento urbano do Brazlândia entre os anos 1958 e 2014, indicando o tamanho do crescimento em área (km²) entre os anos de levantamento. A Tabela 5.2 retrata a evolução urbana da área.

Tabela 5. 2 - Evolução Urbana da Região Administrativa de Brazlândia com área em hectares e percentagem da área urbana.

Evolução Urbana			
Tipo	Área (Ha)	Percentagem (%)	Acumulado(Ha)
1958	10,00	2,01	10,00
1964	10,96	2,20	20,96
1975	143,00	28,77	163,96
1982	6,00	1,20	169,96
1986	54,00	10,86	223,96
1991	66,00	13,28	289,96
1997	73,00	14,68	362,96
2004	46,00	9,25	408,96
2009	14,00	2,81	422,96
2013	36,00	7,24	458,96
2014	38,00	7,64	496,96

Área urbana de Brazlândia, que é circundada por áreas verdes, áreas agricultáveis e áreas de proteção ambiental que são constantemente ameaçadas pela expansão urbana em busca de novos loteamentos nas zonas urbanas, sem, por vezes, considerar o meio ambiente como benéfico para a vida nos centros urbanos, e acabam por trocar a vegetação nativa por novos bairros e condomínios.

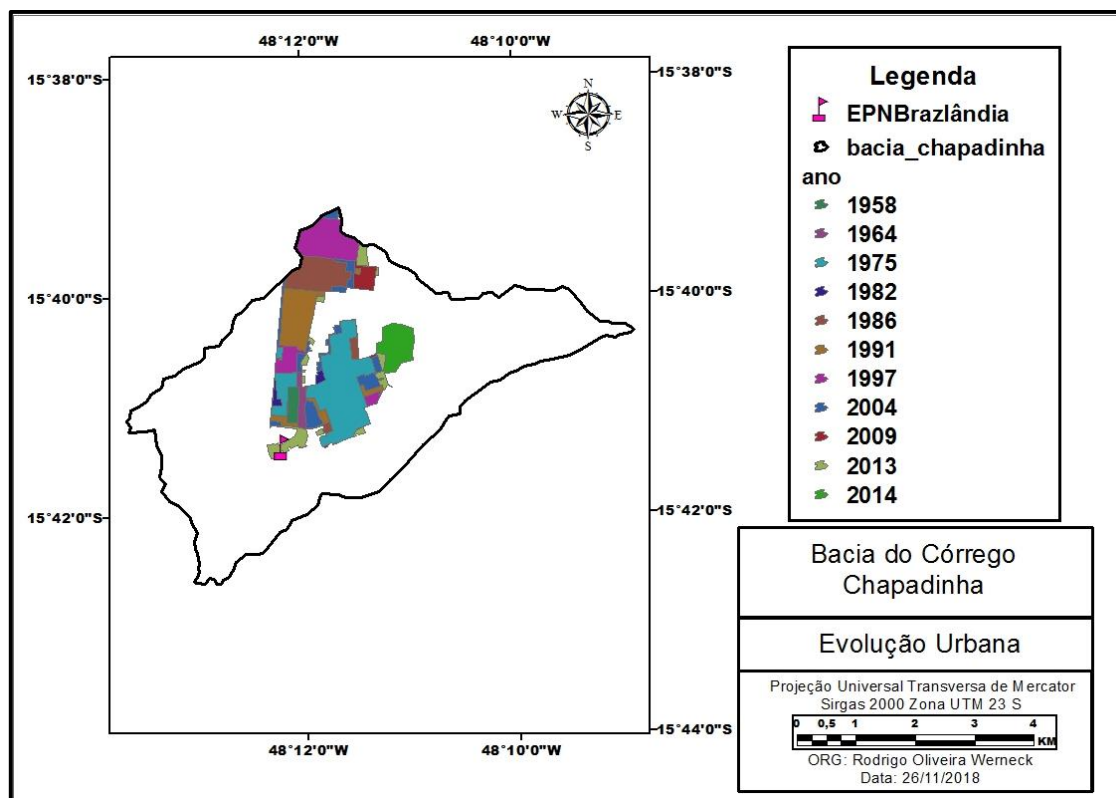


Figura 5. 8 – Mapa de Evolução Urbana da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.

A Figura 5.9 representa a diversidade de usos urbanos na região administrativa de Brazlândia/DF, adquiridos do GeoPortal da (SEGETH, 2018). A diversidade de usos está atrelada ao destino urbano atribuído ao imóvel de acordo com o IPTU residencial ou domiciliar do loteamento.

A tipologia de usos discriminada no processamento do mapa em questão são os usos comerciais e serviços, os usos industriais, os usos institucionais e de lazer, os usos residenciais e os usos mistos.

O mapa de diversidade de usos urbanos está diretamente relacionado com o mapa de evolução urbana da zona urbana da bacia hidrográfica.

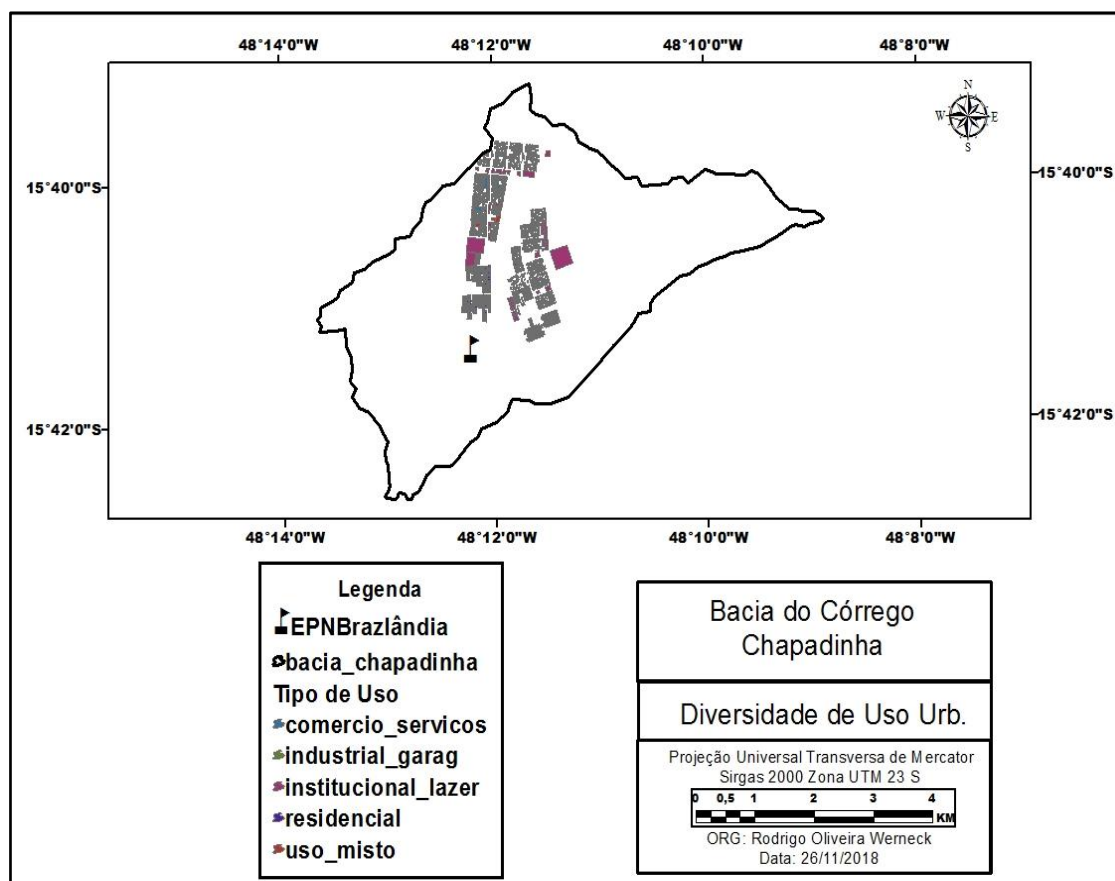


Figura 5. 9 – Mapa de Diversidade de Usos Urbanos da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.

A Figura 5.10 retrata o enquadramento dos corpos hídricos de acordo com classes estabelecidas para cada córrego bacía, sob a custódia do comitê de bacía hidrográfica da região analisada.

A bacía hidrográfica apresenta em sua caracterização duas classes de enquadramento hídrico, a classe 2 e a classe 3, sendo os córregos Veredinha, Pulador e Chapadinha classificados como sendo de classe 2 e o córrego Capãozinho sendo classificado como pertencente a classe 3 do enquadramento, realçando a preocupação de proteção ambiental dos corpos aquáticos da região, pois os mesmos servirão para recarregar o Descoberto e por conseguinte, abastecerá a população do DF.

Por meio do enquadramento foi possível comparar os dados obtidos do monitoramento hidrológico da bacía com os padrões de potabilidade para cada classe de corpos aquáticos através da resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005).

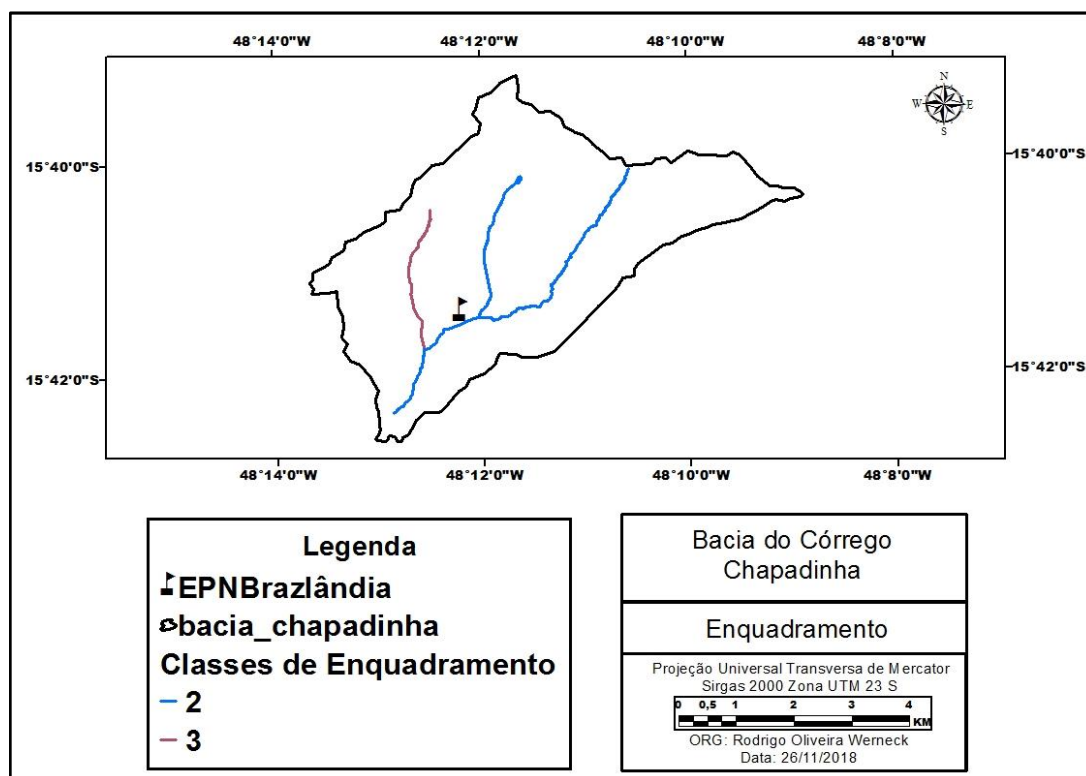


Figura 5. 10 – Mapa de Enquadramento dos Corpos Hídricos as Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.

A Figura 5.11 representa a composição da imagem de satélite da base de dados da (USGS, 2018). A composição da imagem caracterizada como RGB da abreviação em inglês (*Red, Green and Blue*), na qual normalmente se atribuem a essa composição as bandas do satélite que realizou as imagens. As bandas escolhidas de imagem do satélite LandSat 8 foram as bandas 4 (R), a banda 3 (G) e banda 2 (B).

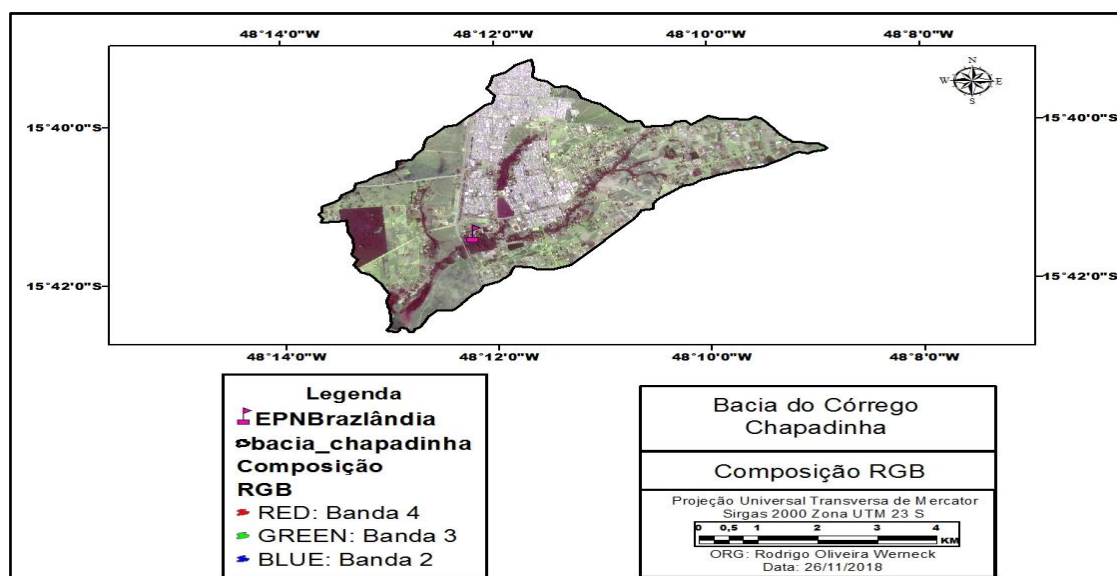


Figura 5. 11 – Mapa de composição RGB da imagem de satélite do LandSat 8, da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.

A Figura 5.12 representa o mapa de clinografia, também conhecido como declividade, que está inteiramente ligado com a variação da cota altimétrica do terreno, sendo elaborada pelo autor. De acordo com (EMBRAPA, 1979), as classes predominantes na Sub-Bacia do Córrego Chapadinha foram os relevos plano e suavemente ondulado. O relevo suavemente ondulado ocupou uma área de 0,44 km², representando 2,1 % do total da área, deixando uma porcentagem de 97,9 % da área total para o relevo plano. Não foi possível identificar os relevos ondulado, montanhoso e fortemente montanhoso, por ser uma bacia hidrográfica pequena, afluente do reservatório do Descoberto e distante de bordões de chapada.

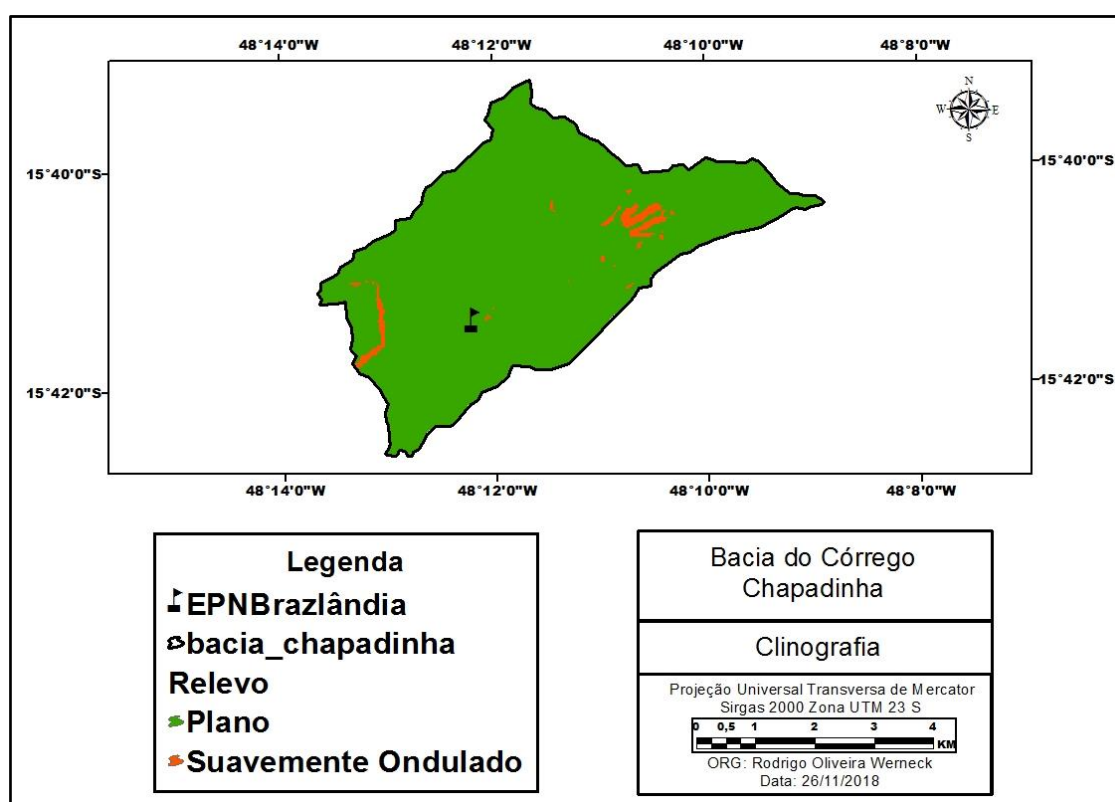


Figura 5. 12 – Mapa de Clinografia da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.

A Figura 5.13 representa o mapa de hipsometria, classificada a partir do modelo digital de elevação (MDE), reclassificada neste trabalho.

As classes são estimadas em termos de curvas de nível da bacia em estudo. Foi possível classificar em 5 classes, são elas: (1029 – 1080 m); (1080,01 -1121 m); (1121 – 1168 m); (1168,01 – 1218 m) e (1218 – 1289 m).

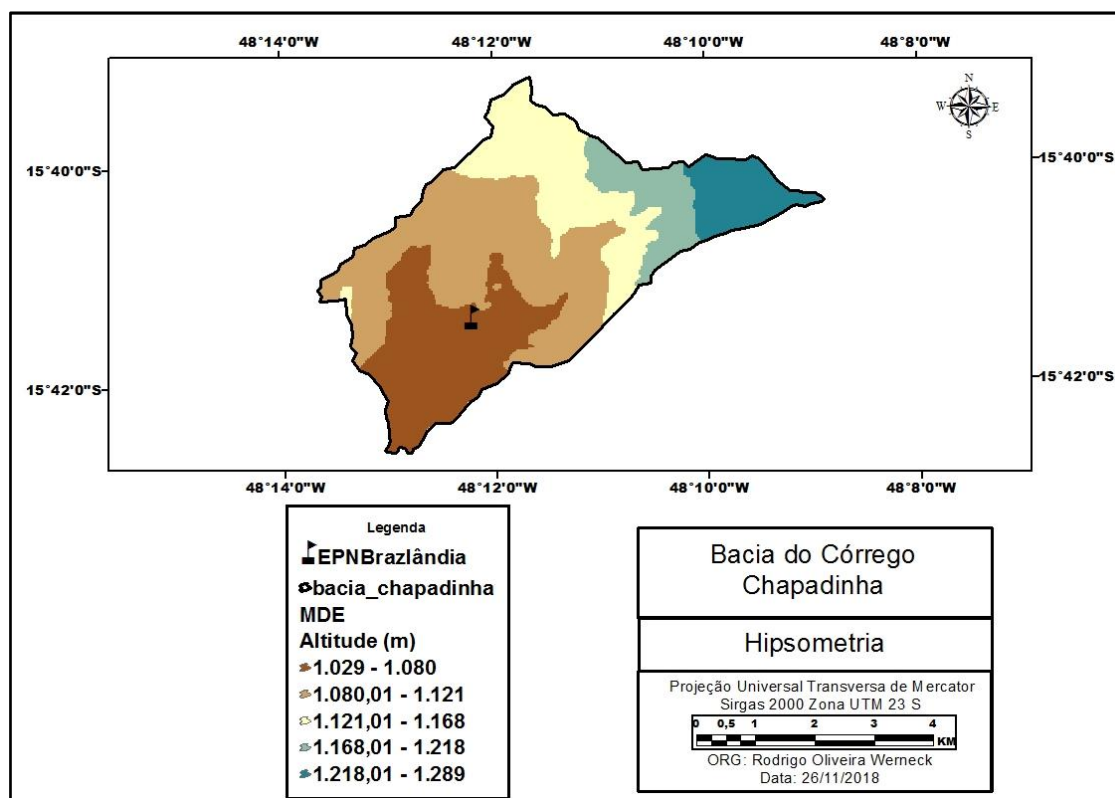


Figura 5. 13 – Mapa de Hipsometria da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.

A Figura 5.14 representa a hierarquização fluvial da bacia hidrográfica, sendo classificado de acordo com (STRAHLER, 1957). A bacia é classificada de acordo com esse mesmo autor, como sendo de 3ª ordem devido ao córrego chapadinha receber dois afluentes de 2ª ordem, o córrego pulador e o córrego veredinha. Pelo fato da Sub-Bacia ser uma das menores bacias tributárias do reservatório do Descoberto, os córregos não convergiram em ordens maiores antes de atingirem seu exutório.

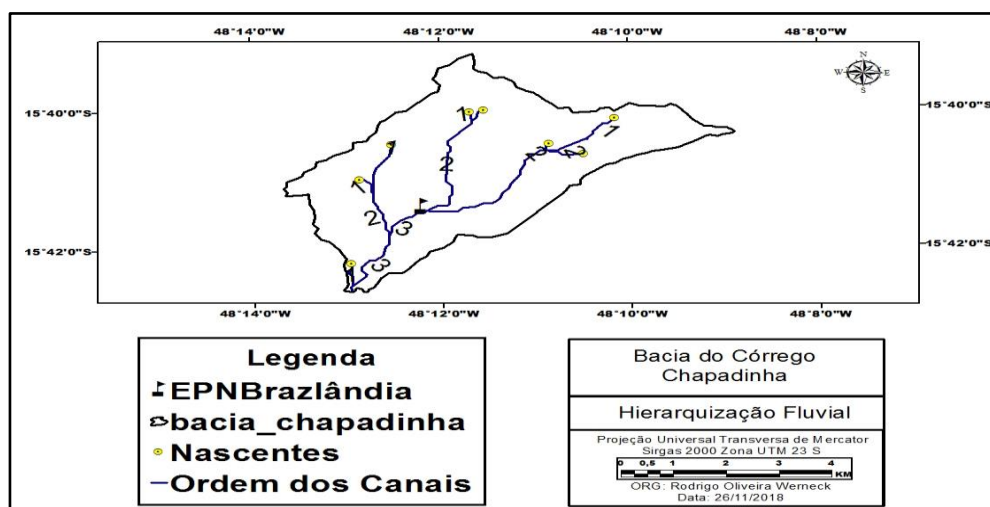


Figura 5. 14 – Mapa de Hierarquização Fluvial da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.

As variáveis utilizadas para caracterizar morfometricamente a Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, com seus respectivos valores, são apresentadas na Tabela 5.3 segundo (SANTOS et al. 2012 e ROCHA et al. 2014).

Tabela 5. 3 - Características Morfométricas da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.

Variáveis Morfométricas		Símbol o	Unidade	Valor
Características Geométricas	Área da Bacia	A	Km ²	21,86
	Perímetro	P	Km	24,89
	Número de Canais	N ^o c	Canais	13
	Comprimento do eixo da bacia	L _{eixo}	Km	6,81
	Coefficiente de Compacidade	Kc	-	1,49
	Fator de Forma	F	-	0,34
	Índice de Circularidade	IC	-	0,44
	Densidade Hidrográfica	Dr	canais/Km ²	0,59
Características do relevo	Altitude Máxima	A _{max}	m	1289
	Altitude Média	A _{med}	m	1159
	Altitude Mínima	A _{min}	m	1029
	Amplitude Altimétrica	Hm	m	260
	Índice de Sinuosidade	Is	m/m	17,48
	Gradiente dos Canais	Gc	%	16.09
	Relação de Relevo	Rr	m/km	32,46
Características da rede de Drenagem	Comprimento do Canal Principal	L	Km	8,01
	Comprimento Total dos Canais	Lt	Km	16,39
	Comprimento Vetorial do Canal Principal	Ev	Km	6,61
	Densidade de Drenagem	Dd	Km/Km ²	0,75
	Coefficiente de Manutenção	Cm	m ² /m	1333,74
	Ordem da Bacia	-	-	3 ^a
	Índice de Rugosidade	Ir	-	194,94

Em termos de caracterização geométrica, foi encontrada para a Sub-Bacia do Córrego Chapadinha a área de 21,86 km², o perímetro de 24,89 km e o comprimento do eixo da bacia de 6,81 km. O coeficiente de compacidade é de 1,49. Esse coeficiente

relaciona a forma da bacia com um círculo. Seu valor unitário corresponde a uma bacia em formato de círculo perfeito. Quanto mais irregular for a bacia, maior o valor do coeficiente de compacidade. Quanto menor o seu valor maior a tendência de haver picos de cheias. O valor encontrado demonstra que a Sub-Bacia em estudo não apresenta muita tendência a picos de enchentes.

O coeficiente de compacidade (K_c) encontrado, 1,49, associado ao respectivo fator de forma, $F = 0,34$, indica que esta Sub-Bacia, em condições normais de precipitação, são pouco suscetíveis a enchentes. O resultado desses índices é reforçado pelo índice de circularidade (IC) encontrado, ($IC = 0,4$) para a área de estudo, pois o afastamento da unidade indica que a Sub-Bacia não tende à forma circular, ou seja, possui forma mais alongada e, portanto, possui menor concentração de picos de cheia segundo (VILLELA e MATTOS, 1975).

A densidade hidrográfica indica a capacidade da Sub-Bacia de gerar novos canais, se esse índice estiver acima de 2,00 canais/km², a bacia teria grande capacidade de gerar novos cursos d'água. No presente estudo foi encontrada densidade hidrográfica de 0,59 canais/km² para a Sub-Bacia do Córrego Chapadinha, portanto, de acordo com os parâmetros estabelecidos por (LOLLO, 1995), a Sub-Bacia possui baixa densidade hidrográfica. O baixo valor é reforçado por apresentar parâmetros de comprimento do canal principal e comprimento total de canais pequenos, o que deve possibilitar maior dificuldade de um elemento de fluído de água que cai na superfície do solo encontrar rapidamente um canal e escoar.

Em termos de características do relevo (Tabela 5.2), a Sub-Bacia do Córrego Chapadinha apresenta altitude máxima e mínima de 1289 m e 1029 m, respectivamente. Dessa forma, o valor encontrado para a Amplitude altimétrica (H_m) foi de 260, o que indica que esta Sub-Bacia possui relevo plano e suavemente ondulado, o que influencia na quantidade de radiação que a bacia hidrográfica recebe e, conseqüentemente, no clima da região (EMBRAPA, 1979). Os baixos valores de amplitude altimétrica, como observado, tende a favorecer o escoamento com velocidade moderada. Esse resultado é reforçado pelos baixos valores encontrados para o Gradiente de canais (G_c) e valores médios para a Relação de relevo (R_r), de 32,46 m/km na Sub-Bacia em questão.

O índice de sinuosidade representa a geometria do canal. Ele sinaliza se o canal é reto ou sinuoso. A distribuição do índice é feita em classes. Na classe I, o canal é considerado muito reto, com o valor do índice menor que 20%, na classe II, o canal é considerado como reto, com valores entre 20 e 29%, na classe III, classifica-se o canal como divagante, variação de 30 a 39%, na classe IV, o canal é considerado sinuoso se a variação for de 40 a 49,95% e finalmente a classe V classifica o canal como sinuoso, com valor de índice maior que 50%. O índice de sinuosidade da Sub-Bacia em estudo foi igual a 17,48 %, inserindo-a na categoria de canal muito reto. Considerando que os solos dessas bacias são Cambissolos que possuem elevada capacidade de desagregação devido a elevada chances de erosão é indicado o cuidado no uso desses solos principalmente quando à cobertura, especialmente para a urbanização e agricultura.

Em termos das características da rede de drenagem (Tabela 5.2) da área de estudo, o comprimento total do canal principal foi de 8,01 km. A Sub-Bacia é de 3ª ordem segundo (STRAHLER, 1957), sendo que a Sub-Bacia do Córrego Chapadinha possui 8 canais que apresentam comprimento total de 16,39 km.

A densidade de drenagem, é uma das variáveis mais importantes para a análise morfométrica das bacias hidrográficas, pois, representa o grau de dissecação topográfica, em paisagens elaboradas pela atuação fluvial, ou expressa a quantidade disponível de canais para o escoamento e o controle exercido pelas estruturas geológicas (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Segundo (VILLELA e MATTOS 1975), a densidade de drenagem de bacias hidrográficas varia de 0,5 km/km² (para bacias com drenagem pobre) a 3,5 km/km² ou mais (para bacias excepcionalmente bem drenadas). Considerando os resultados obtidos nesse trabalho, a Sub-Bacia em questão apresenta densidade de drenagem regular ($D_d = 0,75 \text{ km/km}^2$).

O valor encontrado sugere que há um escoamento superficial incipiente associado a uma média dissecação. De modo que, para um tipo similar de clima, a densidade de drenagem depende do comportamento hidrológico dos solos e rochas. Assim, nos mais impermeáveis, as condições para ocorrer escoamento superficial são melhores, possibilitando a formação de canais e, conseqüentemente, aumentando a densidade de drenagem. O contrário acontece com rochas de granulometria grossa (HORTON, 1945).

Outro importante parâmetro da qualidade da rede de drenagem de uma bacia é o Coeficiente de manutenção (Cm), calculado pela relação inversa da densidade de drenagem e que fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento (SCHUMM, 1956). Esse dado permite representar qual seria a área necessária para a manutenção de um metro de curso fluvial perene. Assim, em termos de balanço hidrodinâmico da bacia hidrográfica, o resultado obtido indica que são necessários 1333,7 m² de área para manter perene cada metro de canal na Sub-Bacia do Córrego Chapadinha.

Essas condições fazem com que no período chuvoso, e em momentos de chuvas intensas, haja condições mais propícias ao escoamento do que à infiltração. Dessa forma, o tipo de uso e cobertura pode influenciar na capacidade de produção de água da bacia, sendo importante o seus estados de conservação (SANTOS, *et al.*, 2012).

5.2. GEORREFERENCIAMENTO E PROCESSAMENTO DAS IMAGENS DO VANT

No aerolevantamento das regiões, montante, médio e jusante, foram capturadas 1501 imagens dispostas em 30 faixas de voo. O tempo total de voo foi equivalente a 75 minutos e 30 segundos, com o tempo de captura médio entre fotos de 3 segundos. Uma das desvantagens dessa tecnologia, frente aos sistemas convencionais de mapeamento, é a baixa autonomia de voo dessa plataforma. Para o mapeamento da área inteira do parque, foi necessário segmentar o plano de voo, a fim de recarregar a bateria ou substituí-la.

A localização do Ortofotomosaico é mostrada na Figura 3.15, retratando sua localização dentro da Sub-Bacia do Córrego Chapadinha. O ortofotomosaico resultante da fusão das partes (jusante, médio e montante) é representado na Figura 5.16. Na imagem é possível ver com uma maior clareza e detalhamento a área do parque ecológico veredinha, local do nascedouro do Córrego Veredinha, afluente do Córrego Chapadinha que deságua no reservatório do Descoberto.

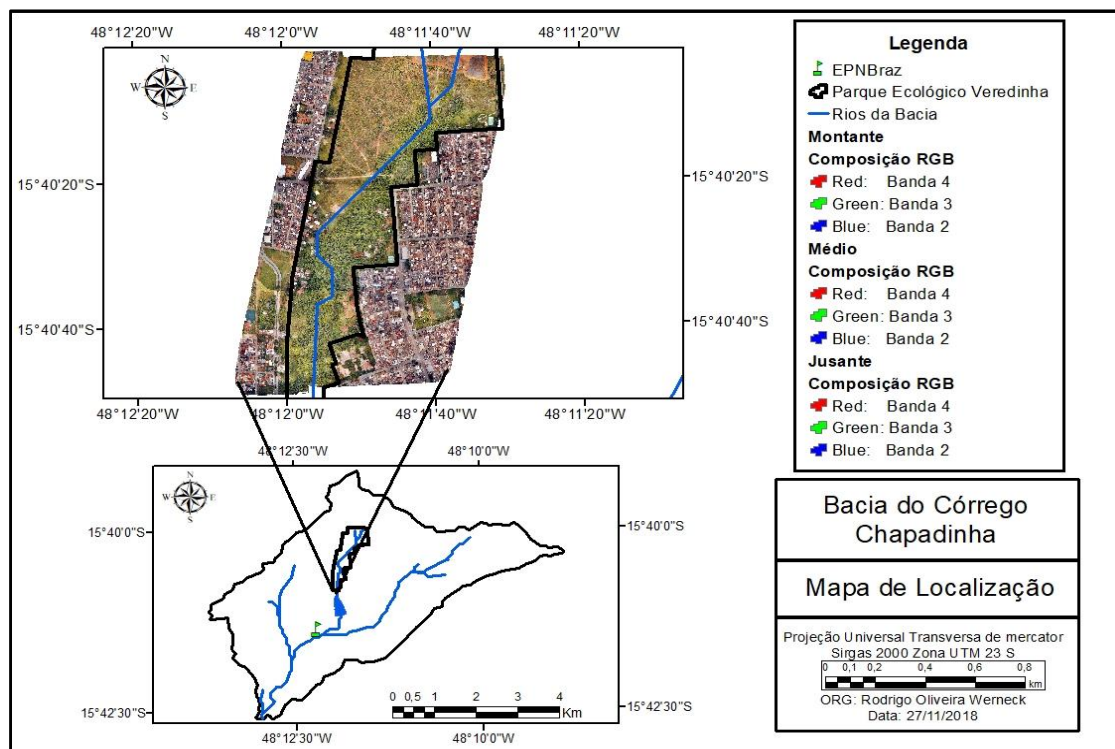


Figura 5. 15 - Mapa de Localização do Ortofotomosaico do Parque Ecológico Veredinha, Brazlândia/DF.

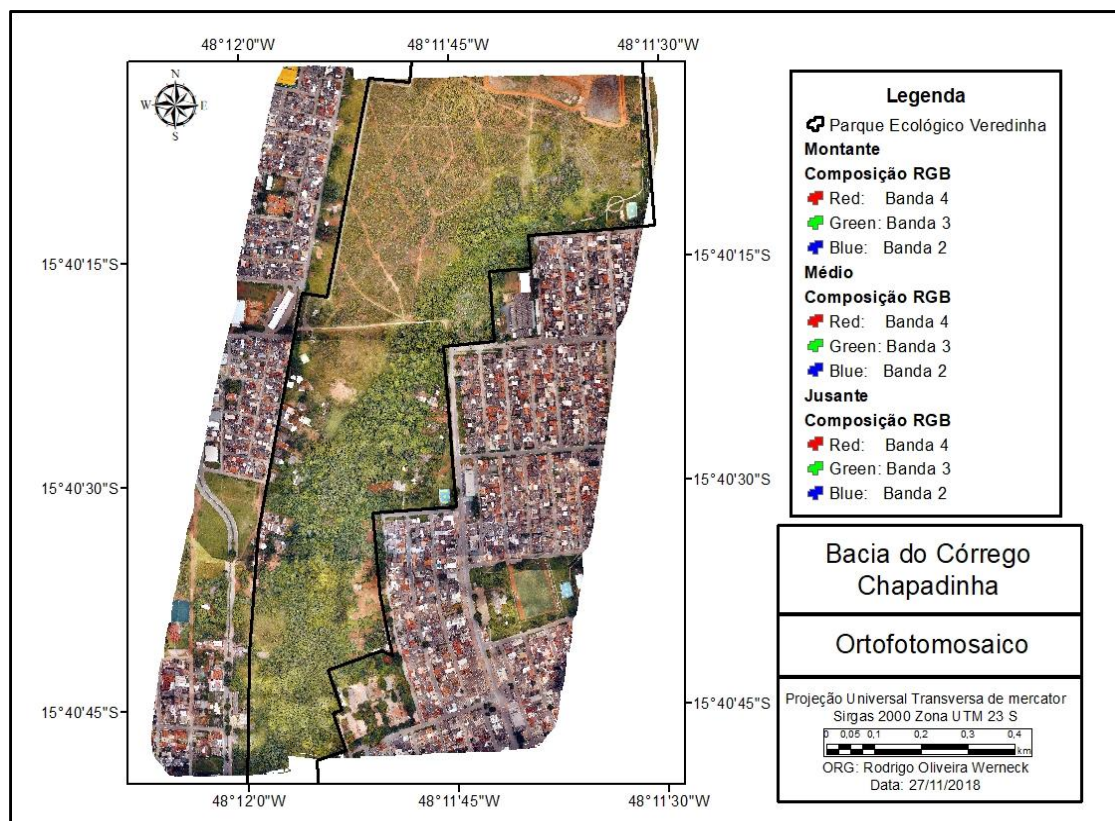


Figura 5. 16 - Ortofotomosaico do Parque Ecológico Veredinha, Brazlândia/DF.

O segundo resultado do aerolevantamento é a geração de um Modelo Digital de Superfície, da sigla em inglês (DSM).

O modelo é importante para visualizar as variações de altitude representadas na imagem, saindo da cota de 1120,71 m, representado na cor azul, e a cota mais baixa encontrada, 1063,04 m, representada na cor amarela, como mostra a Figura 5.17.

O terceiro resultado diz respeito à altimetria da região, mostrando as curvas de níveis calculadas, com espaçamento de 1 m entre as cotas. As cotas variaram também entre a máxima de 1120,71 m e a mínima de 1063,4 m, mostrada na Figura 5.18.

O mapa de curvas de nível é importante para evidenciar a direção de escoamento do fluxo de água, sendo os rios e córregos os receptores das águas pluviais que aportarem à bacia hidrográfica. O parque ecológico funciona como uma grande caixa d'água para o sistema descoberto e uma bacia de retenção para o escoamento superficial da cidade de Brazlândia.

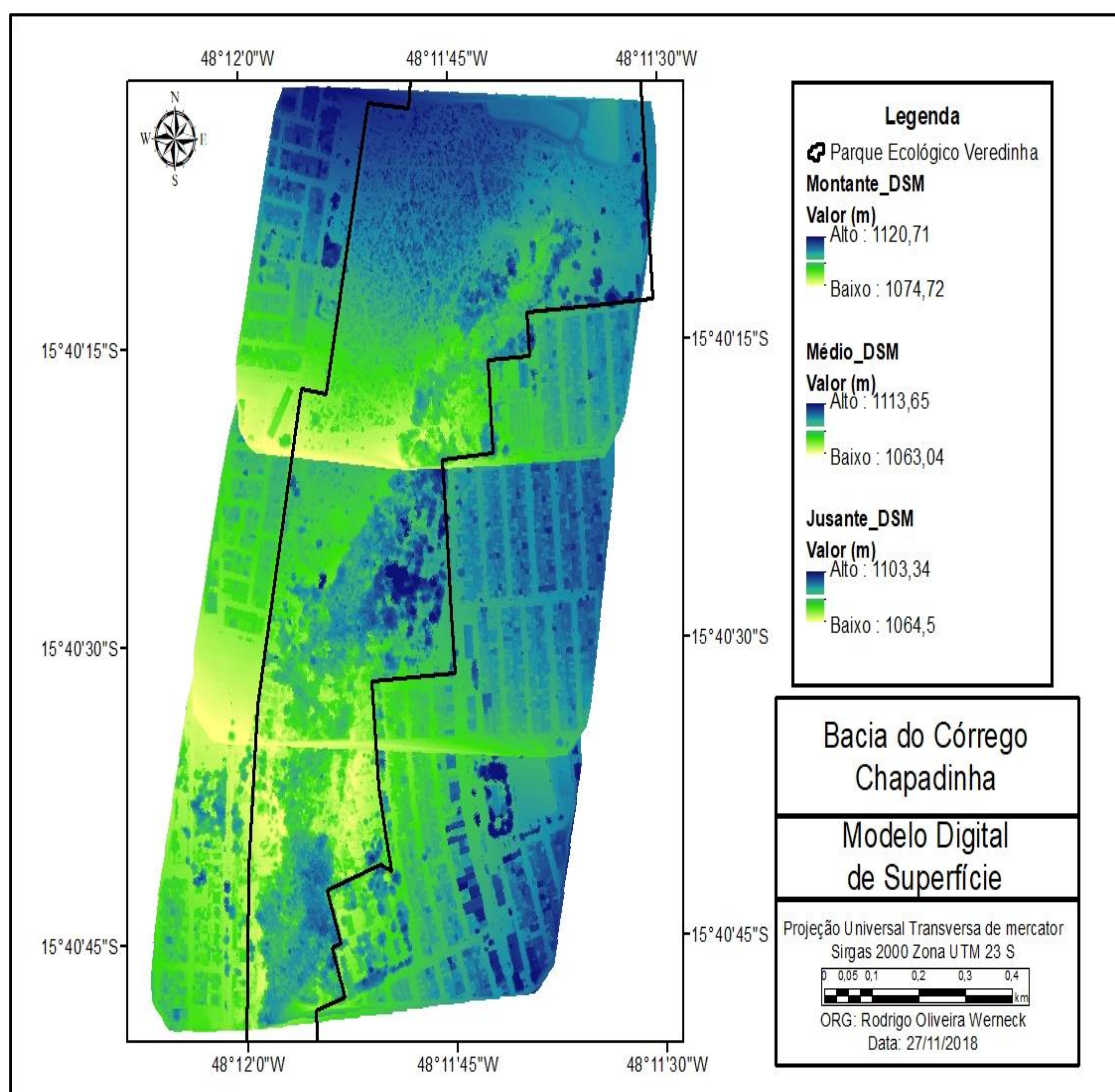


Figura 5. 17 - Modelo Digital de Superfície do Parque Ecológico Veredinha, Brazlândia/DF.

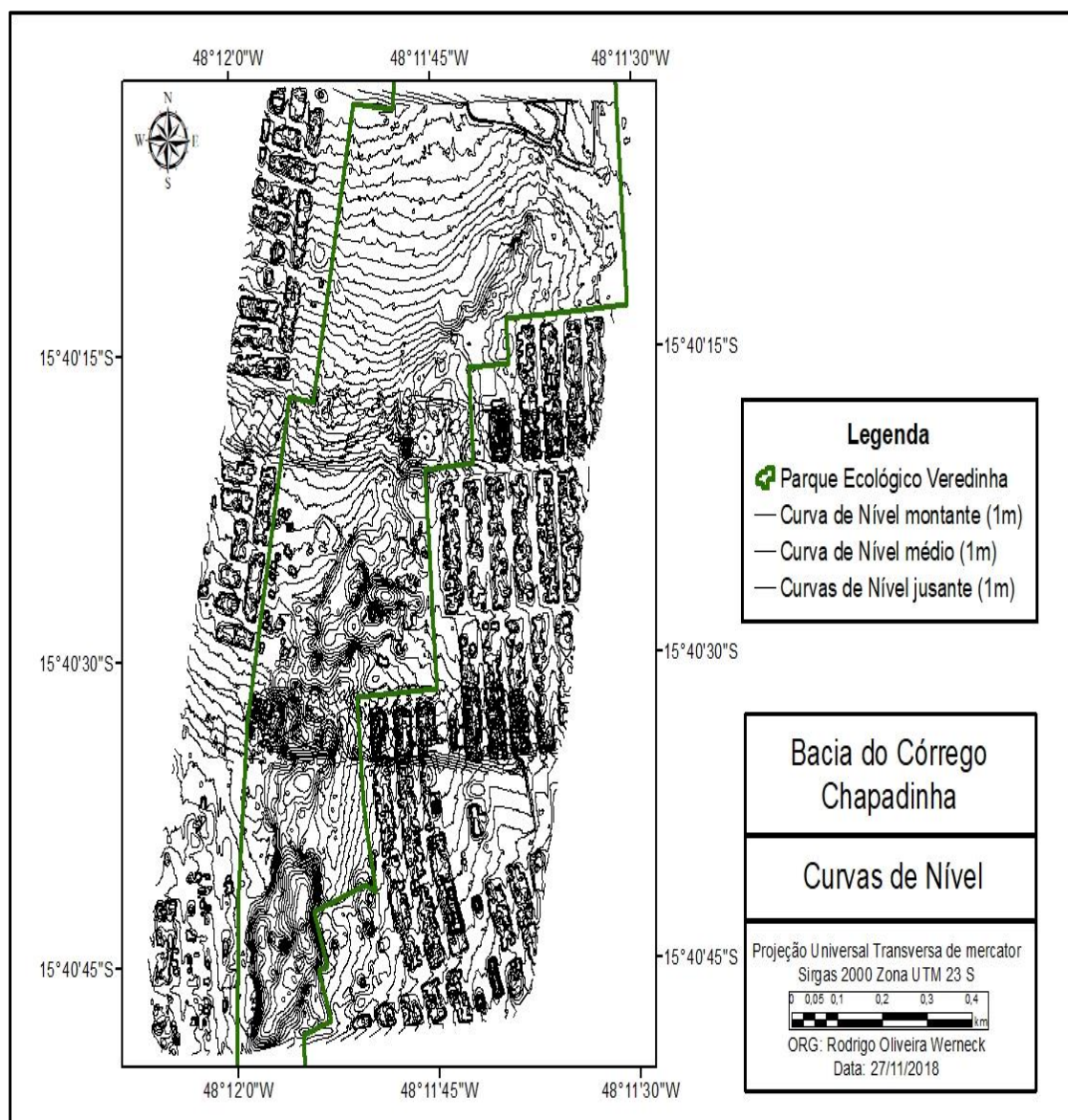


Figura 5. 18 - Mapa de Curvas de Nível do Parque Ecológico Veredinha, Brazilândia/DF.

As Figuras 5.19, 5.20 e 5.21 apresentam os modelos tridimensionais do Parque Ecológico Veredinha e região adjacente à unidade de conservação, do modelo gerado a partir das fotos obtidas das regiões montante, média e jusante a 110 m de altura.

A possibilidade de criar uma nuvem de pontos fotogramétricos por meio de imagens digitais e consequente modelos tridimensionais permite grandes aplicações, principalmente no âmbito hidrológico, como exemplo, a medição da altura de objetos dentro da área de estudo e volumes de bacias hidrográficas. Além disso, a possibilidade de se obter modelos tridimensionais da paisagem apresenta um novo nível na tomada de decisões, baseadas em mapas tridimensionais fidedignos da realidade, podendo ser utilizado por comitês de bacia e agências locais e regionais.



Figura 5. 19 - Modelo 3D do Parque Ecológico Veredinha, Brazlândia/DF – Montante.



Figura 5. 20 - Modelo 3D do Parque Ecológico Veredinha, Brazlândia/DF – Médio.

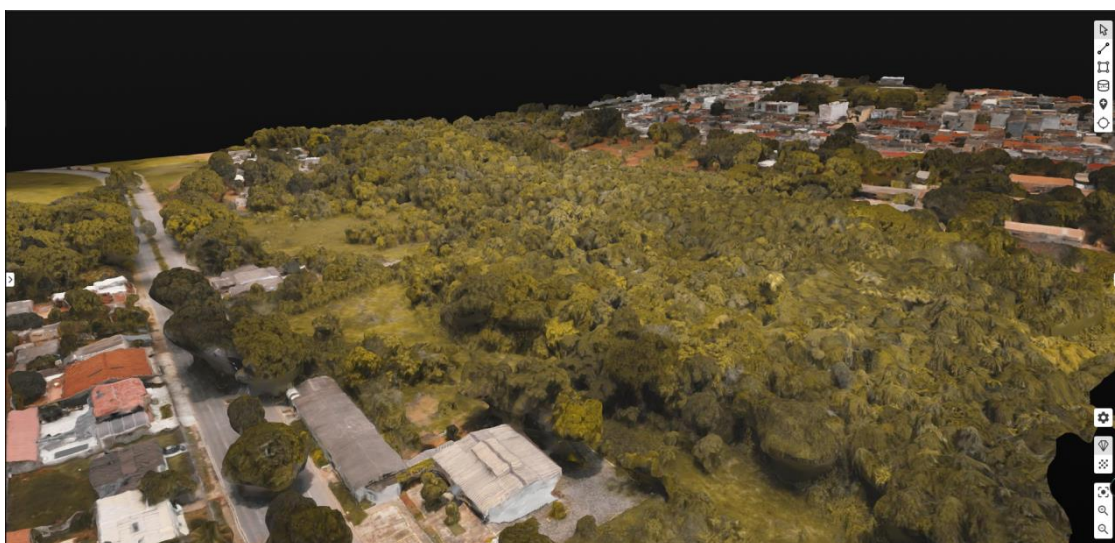


Figura 5. 21 – Modelo 3D do Parque Ecológico Veredinha, Brazlândia/DF – Jusante.

A nitidez das imagens com resolução espacial de 3,67 cm é mostrada na Figura 5.22, em que é detalhada a borda leste do parque, na transição da unidade de conservação, áreas de plantio, olericultura e parte da zona urbana de Brazlândia.



Figura 5. 22 – Foto adquirida pelo VANT Mavic Pro na Região Administrativa de Brazlândia/DF.

5.3. MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DA ÁGUA

Para estimar a qualidade e quantidade da água, além de entender a dinâmica hidrológica do córrego chapadinha, foi necessário realizar coleta de água feita de forma cidadã com o EcoKit, amostras para análise de qualidade da água estimadas por meio de sonda multiparamétrica, análises de parâmetros de qualidade através da análise de coliformes Totais e Fecais, além de medições manuais de vazão no ponto de monitoramento no córrego chapadinha.

Ao todo foram realizadas sete (7) coletas de amostras para a determinação da quantidade e qualidade da água utilizando-se do EcoKit de monitoramento cidadão entre os meses de março e novembro de 2018. A verificação da qualidade através da sonda multiparamétrica, foi realizada em concomitância com o kit nas quatro (4) últimas campanhas de coletas, entre agosto e novembro. As análises de coliformes totais e fecais revelou a presença desses organismos indicadores de contaminação fecal.

Foram coletadas também, quatro amostras para análise de nutrientes para a análise em cromatógrafo, contudo, as amostras não foram analisadas e não se tem disponíveis dados de trabalhos anteriores.

Mais que um meio para realizar análises científicas da qualidade das amostras coletadas, o Ecolkit, trouxe a oportunidade para novas discussões sobre a questão da água potável, da necessidade do seu controle e da preservação das áreas de mananciais, fundamentais para a interação com os estudantes que realizaram o projeto.

Durante as coletas e análises, os parâmetros do kit foram determinados apenas uma vez, sem a produção de réplicas. Os estudantes fizeram um rodízio para a análise dos parâmetros do Kit. Cada voluntário apresentou uma disposição para fazer uma atividade específica, sendo que alguns preferiram realizar atividades que não necessitem entrar na água para a coleta dos dados.

O monitoramento cidadão ocorreu na Escola Parque da Natureza de Brazlândia, em formato de aula em que quatro turmas de estudantes de segunda-feira pela manhã eram dirigidas a participarem das coletas, auxiliando e compreendendo a dinâmica do corpo hídrico a sua volta, sendo que, o local selecionado, aos fundos do lote da escola, favoreceu o acesso aos cidadãos cientistas nas coletas e análises.

Como forma de compreender a dinâmica hidrológica do córrego em estudo, foi tratada a questão de bacia hidrográfica e sua importância para a qualidade e quantidade de água do mesmo. Desse modo, foi realizada uma visita com as crianças ao Parque Ecológico Veredinha, com ônibus escolar cedido pela regional de ensino de Brazlândia e a visita foi acompanhada por um técnico do IBRAM.

Local que abriga diversas nascentes que contribuem para o córrego chapadinha, contribuindo, portanto, para a bacia como um todo. A visita às nascentes e ao parque, associados a rodas de conversas e as aulas integrativas de frente para o córrego só corroboraram com o resultado final de fazer as crianças e jovens mais habilitados a compreender e enxergar os corpos aquáticos e interpretar sua relação com o recurso hídrico, demonstrada na Figura 5.23.



Figura 5. 23 – Visita ao Parque Ecológico do Veredinha com os cientistas cidadãos, Brazlândia/DF. Fonte: próprio autor (2018).

A figura 5.24 ressalta como foi feita a integração dos estudantes com o projeto de monitoramento da qualidade da água com o enfoque da ciência cidadã, sendo o autor do projeto o instrutor dos conceitos hidrológicos e das dinâmicas envolvendo a água.

O local é o mesmo de onde os cientistas cidadãos realizavam as análises de qualidade água, a céu aberto e de frente para a fonte de estudos. É possível ver na figura alunos que participaram da 7ª oficina de coleta de dados para o projeto, realizada no dia 19 de nov. de 2018.



Figura 5. 24 - Coleta de dados nº 7 do monitoramento cidadão em 19 de novembro de 2018. Fonte: próprio autor (2018).

As águas do Córrego Chapadinha serão consideradas de classe 2 enquanto não aprovado o seu enquadramento, segundo o Art. 42 da Resolução CONAMA nº 357 do enquadramento dos corpos d'água (BRASIL, 2005). Esse pressuposto serviu de embasamento para a comparação dos dados de qualidade da água monitorados à luz da resolução. Os parâmetros do EcoKit utilizados, que apresentam correspondência com a resolução, foram o oxigênio dissolvido, o pH, o nitrito e o nitrato. Além desses parâmetros, os coliformes totais e E.coli foram quantificados e comparados com a resolução CONAMA nº 274 de 2000 (BRASIL, 2002).

Os limites definidos pelos padrões de qualidade da água para cada parâmetro usado para comparação dos resultados obtidos pelos cientistas cidadãos com o Ecokit estão descritos na Tabela 5.4. Aferindo da tabela abaixo, percebe-se que dos indicadores relacionados, apenas o oxigênio dissolvido e os coliformes totais e fecais, não corresponderam aos padrões de qualidade em alguma amostra analisada. De modo que a variação da faixa encontrada para o oxigênio dissolvido, apontou valores inferiores ao mínimo de 5 mg/L O₂, e para as amostras de coliformes, tanto em relação a E. coli, quanto aos coliformes totais, ao menos uma das amostras ultrapassaram o máximo valor de 800 UFC/100 ml e 1000 UFC/100 ml, para E. coli e coliformes totais, respectivamente.

Estes resultados demonstram uma probabilidade elevada de haver entrada de poluentes de forma pontual e difusa ao longo do córrego, que por ventura podem ser de dejetos animais, ou indicar uma possível ligação clandestina de esgoto sanitário doméstico.

Os baixos teores de oxigênio na água atestam a probabilidade de haver deposição de cargas elevadas de nutrientes na água que elevam a Demanda Bioquímica de Oxigênio na água (DBO), fazendo-se consumir o oxigênio dissolvido na água, para a estabilização da matéria orgânica.

Tabela 5. 4 - Valores dos padrões de qualidade da água e faixa de detecção do Ecokit para cada parâmetro.

Parâmetro	Padrão de Qualidade	Faixa Encontrada (EcoKit)	Faixa Encontrada (Sonda/Lab.)
Temperatura (°C)		(20,5 – 24)	(20,01 – 24,07)
pH	6,0 a 9,0 [1]	(7,0 – 8,0)	(6,23 – 8,03)

Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Não inferior a 5 mg/L O ₂ [1]	(3 – 10)	-
Amônia (mg/L NH ₃ -N)	3,7 mg/L N, para pH ≤ 7,5 [1]	(0,1 – 0,5)	-
	2,0 mg/L N, para pH 7,5 < pH ≤ 8,0 [1]		
	1,0 mg/L N, para pH 8,0 < pH ≤ 8,5 [1]		
	0,5 mg/L N, para pH ≥ 8,5 [1]		
Nitrato (mg/L N - NO ₃ ⁻)	10,0 mg/L N [1]	(0,29 – 2,49)	-
Nitrito (mg/L N-NO ₂)	1,0 mg/L N [1]	(0,01 – 0,5)	-
Coliformes Totais	≤ 1000 [2]	-	(63,1– 1011,2)
<i>E. coli</i>	≤ 800 [2]	-	(0 – 1011,2)

[1] Padrão classe 1 - águas doces: enquadramento de corpos d'água (Resolução n° 357/ 2005).

[2] padrões de qualidade de balneabilidade (Resolução CONAMA n° 274, de 2000). OBS: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local.

A Figura 5.25 representa a evolução do parâmetro oxigênio dissolvido coletado e analisado com o auxílio do EcoKit. Ao todo, das 7 visitas a campo realizadas, em 5 delas foi possível coletar dados de oxigênio dissolvido. Observando estes valores e comparando-os com o valor mínimo admissível para o parâmetros de oxigênio dissolvido enquadrados como classe 2, segundo a Resolução CONAMA 357 de 2005, foi feita uma análise para compreender os resultados obtidos. O valor mínimo de 5 mg/L de O₂, da resolução, foi superado em três das cinco amostras realizadas, em especial nos meses da seca, entre maio e outubro. Tais valores indicam uma possível diminuição da vazão devido a estiagem do inverno, as cargas orgânicas presentes no córrego, ficaram mais concentradas, elevando-se assim, a DBO da água, reduzindo-se, portanto, a quantidade de oxigênio dissolvido na água.

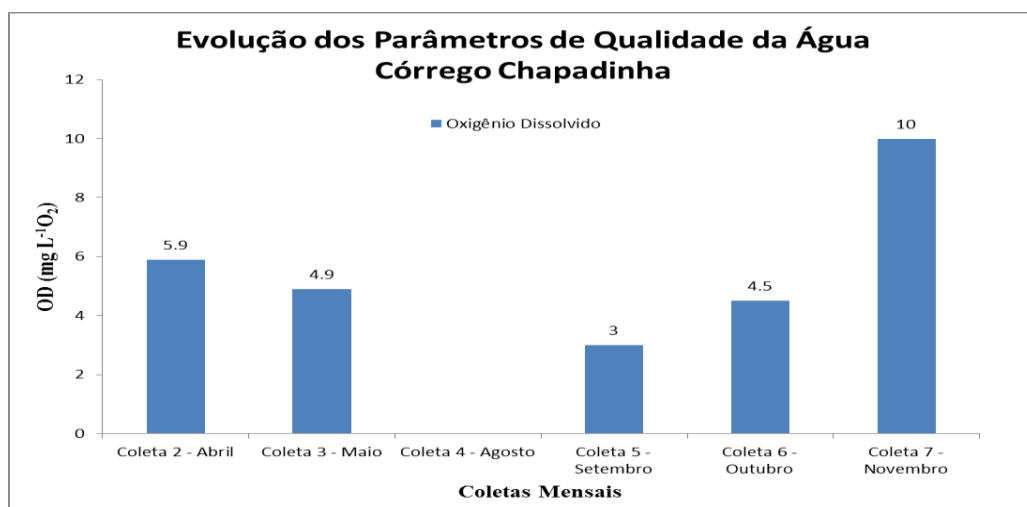


Figura 5. 25 – Evolução dos parâmetros de qualidade da água do Córrego Chapadinha, indicador Oxigênio Dissolvido.

A Figura 5.26 representa a evolução dos parâmetros pH e Temperatura da água do EcoKit e da Sonda Multiparamétrica. Tais parâmetros foram os indicadores que apresentaram a maior semelhança de resultados entre o kit e a sonda. Entre os valores encontrados, dados de pH da coleta n° 7 foram os que mais se distanciaram, 7,5 (EcoKit) e 6,23 (Sonda). Contudo, nenhum valor de pH se estabeleceu fora do padronizado pela Resolução CONAMA n° 357/05. Dessa forma, os resultados gerados pelos cientistas cidadãos são satisfatórios para o enquadramento deste parâmetro dentro da classe 2 da resolução.

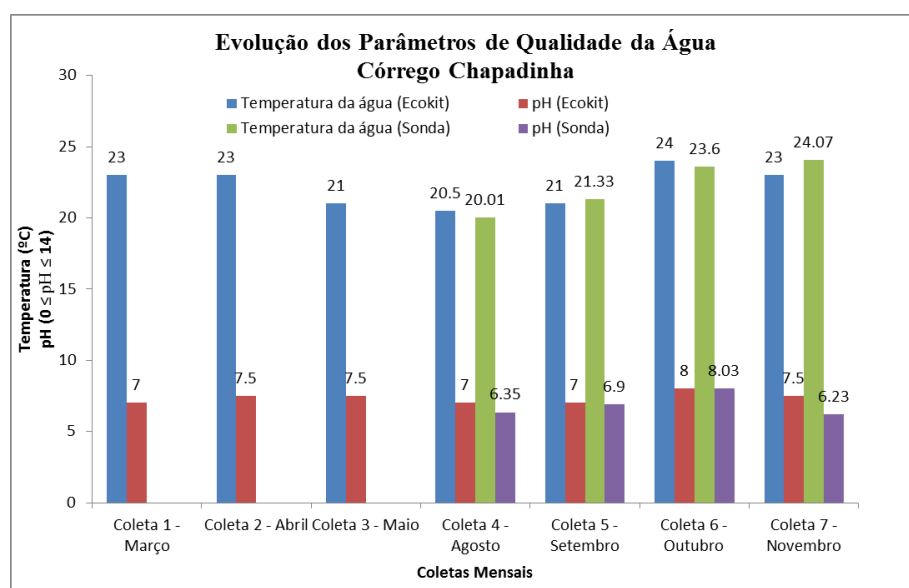


Figura 5. 26 - Evolução dos parâmetros de qualidade da água do Córrego Chapadinha, indicadores pH e Temperatura.

Dados os baixos valores de amônia, nitrato e nitrito encontrados, os resultados obtidos com o Ecokit foram capazes de responder corretamente à classificação da qualidade da água do padrão estabelecido.

A correta classificação para as concentrações mais altas de amônia na água, com o Ecokit não seria possível, pois sua faixa de detecção de amônia (de 0,0 a 3,0 mg/L $\text{NH}_3 - \text{N}$) está abaixo do limite estabelecido, de 3,7mg/L – N, para a mesma faixa de $\text{pH} \leq 7,5$. Para as outras faixas de pH, o Ecokit pode ser utilizado para a classificação do enquadramento nos limites estabelecidos. Os resultados para o indicador amônia é mostrado na Figura 5.27.

Os resultados para o parâmetro de nitrato, Figura 5.27, indicaram, que o limite superior de detecção de 0,1 a 2,5 mg/L $\text{NO}_3^- - \text{N}$ do Ecokit não é suficiente para a correta mensuração do parâmetro. Duas amostras do EcoKit obtiveram seus valores

próximos ao valor mais alto da faixa, 2,5. O Ecokit, assim, não chega a conseguir detectar resultados até o limite estabelecido pelos padrões de classe 2 que é de 10,0 mg/L.

O limite superior de detecção do Ecokit é inferior ao limite estabelecido pelos padrões de classe 2 de 1,0 mg/L para o parâmetro nitrito, Figura 5.27, sendo a faixa de detecção do Ecokit para este parâmetro de 0,01 a 0,5 mg/ L NO_2^- - N. O maior valor encontrado para o parâmetro foi, justamente, o limite de detecção, de 0,5 mg/L NO_2^- - N, indicando a necessidade de se estabelecer um monitoramento de verificação mais aprofundado para detectar o máximo valor de nitrito presente no corpo hídrico.

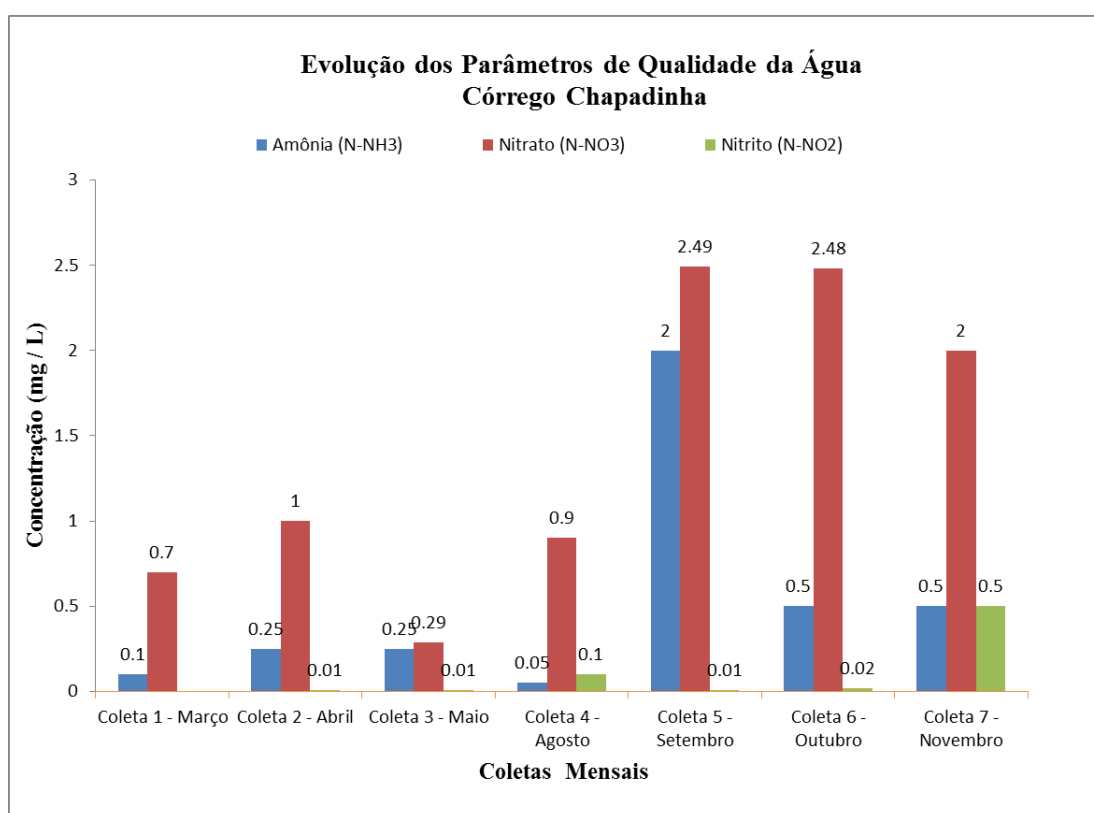


Figura 5. 27 - Evolução dos parâmetros de qualidade da água do Córrego Chapadinha, indicadores Amônia, Nitrito e Nitrato.

A Figura 5.28 representa o número mais provável de colônias para as amostras de Coliformes Totais e *E. coli*. Esse valor é expresso em um valor probabilístico número mais provável de colônias por 100 mililitros (NMP/100ml). Na figura são comparadas as densidades de Coliformes Totais e *E. coli*. E dois locais diferentes, nascente do córrego veredinha e córrego chapadinha, em duas datas diferentes. Os valores extremos foram evidenciados na 7ª coleta, no mês de novembro, período de chuvas intensas na região de Brazlândia, que acarretaram no valor encontrado de

1011,2 (NMP/100 ml) tanto para Coliformes Totais, quanto para *E. coli*. Contudo, na mesma data, os valores encontrados na amostra coletada na nascente, foram apenas de 63,1 (NMP/100 ml) para Coliformes Totais, não sendo detectada a presença de *E. coli* nas águas amostradas.

Os valores encontrados para o mês de outubro foram considerados menores, comparando-se com o mês de novembro, em relação às análises do córrego, 691 (NMP/100 ml) para Coliformes Totais e 665,3 (NMP/100 ml) para *E. coli*. E foram considerados maiores em relação aos dados obtidos para a nascente, 448,8 (NMP/100 ml) para Coliformes Totais e 479,4 UFC/ 100 ml para *E. coli*. Contudo os valores encontrados para a 6ª coleta podem estar defasados, pois a amostra foi retirada da estufa após as 24 horas de incubação, podendo retratar possíveis falso-positivos, aumentando a quantidade detectada, porém é possível realizar a leitura até 28 horas (IDEXX, 2002).

Comparando-se os dados obtidos com a resolução CONAMA nº 274 de 2000 (BRASIL, 2000), os valores de *E. coli* e Coliformes Totais ultrapassaram o máximo permitido para águas de classe 2, de 800 UFC/ 100 ml para *E. coli* e 100 UFC/ 100 ml para Coliformes Totais. Estes valores indicam a necessidade de diluição das amostras de coliforme para encontrar o valor mais provável das amostras, pois os valores detectados se encontram no limite de detecção do teste (IDEXX, 2002). Desse modo, recomenda-se que os estudantes e voluntários pertencentes ao projeto evitem entrar em contato direto com a água, especialmente no período de chuvas para evitar possíveis contaminações.

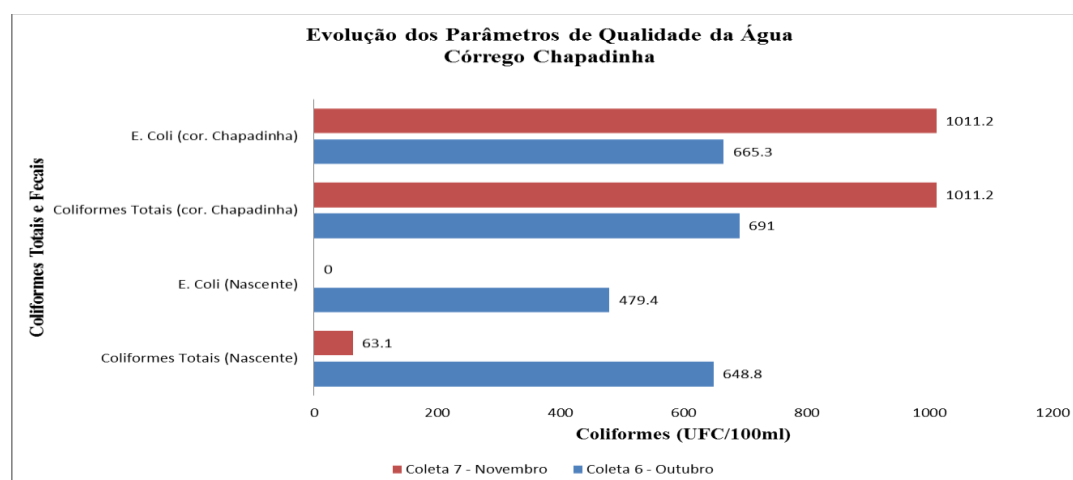


Figura 5. 28 - Evolução dos parâmetros de qualidade da água do Córrego Chapadinha, indicadores Coliformes Totais e *E. coli*.

Em termos das vazões obtidas de forma manual em dois pontos distantes 10 metros um do outro (ponto 1 e ponto 2), sem a utilização de equipamentos precisos, geraram valores condizentes com a sazonalidade e evidenciam os períodos de chuva e estiagem. Foram realizadas ao todo, 7 coletas de vazão para o ponto de monitoramento no Córrego Chapadinha, concomitantemente às análises de água com a utilização do EcoKit. A Figura 5.29 representa a vazão medida em termos das coletas realizadas.

A primeira medição de quantidade, em março, retratou uma vazão de 743,52 L/s no ponto 1 e de 422,91 L/s no ponto 2, representando o final do período chuvoso em Brazlândia/DF. Em relação às máximas e mínimas, estes valores foram observados nos meses de novembro e setembro, respectivamente, marcando uma vazão de 2674,91 L/s no ponto à jusante e 2318,39 L/s no ponto à montante, evidenciando o pico de cheia na bacia de estudo, enquanto que os valores de mínima, de 58,9 L/s no ponto à jusante e 171,25 L/s no ponto à montante, representando o final do período de estiagem na bacia hidrográfica, foi marcado por grandes depósitos de bancos de areia nas margens do córrego, em correspondência com a quantidade elevada de erosões causadas pelos picos de cheia no córrego em questão.

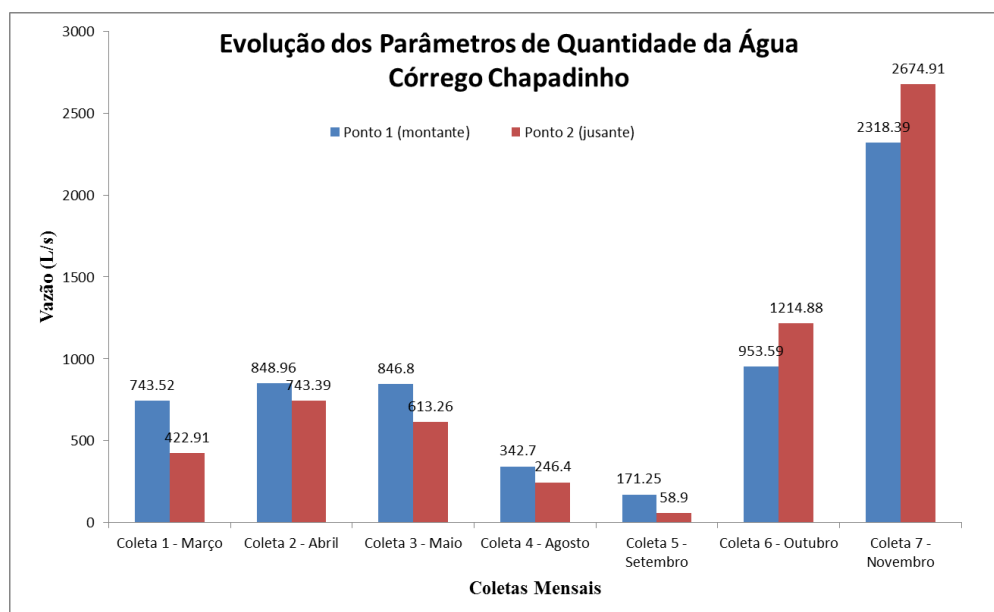


Figura 5. 29 - Evolução dos parâmetros de quantidade da água do Córrego Chapadinha, indicador vazão (l/s).

Em suma, o monitoramento feito pelos cientistas cidadãos com utilização do EcoKit se mostraram acurados e conclusivos, dentro da faixa permitida pela resolução CONAMA nº 357/05. Apesar de que alguns parâmetros apresentaram resultados de qualidade abaixo ou acima do permitido dependendo do indicador analisado. Os

resultados foram considerados ótimos para os parâmetros (temperatura e pH), considerados bons para os parâmetros (amônia, nitrato e nitrito) e ruins para os parâmetros (oxigênio dissolvido e ortofosfatos), no caso do indicador ortofosfatos, os resultados de todas as coletas indicaram o valor de 0 mg/L PO_4^{3-} , representando que o kit não foi capaz de detectar a presença de ortofosfatos na amostra de água. A variação na qualidade dos dados é devida, em grande parte, à adequabilidade da faixa de detecção à água analisada e à metodologia de análise do kit escolhido.

Apesar dos resultados bons para os parâmetros (amônia, nitrato e nitrito), o kit foi considerado inadequado para estas análises, pois a sua faixa de detecção não compreende toda a faixa de valores dos padrões de qualidade de classe 2 da norma brasileira.

O método colorimétrico de comparação visual apresenta algumas desvantagens quanto às análises, pois a comparação visual é subjetiva, cabendo ao analista interpretar a informação dos dados obtidos, e também foi influenciado pela mudança de analistas das diferentes turmas de estudantes que realizaram as coletas. Desse modo, para atingir melhores resultados, devem-se repetir os procedimentos de coleta, de análise e da leitura final, preferencialmente, pelo mesmo cientista cidadão.

Em relação ao monitoramento de verificação realizado pela sonda multiparamétrica, os resultados considerados bons foram, justamente, temperatura e pH, além de valores encontrados para a condutividade elétrica, que resultou na média de $180 \mu\text{s}.\text{cm}^{-1}$, representando a capacidade de conduzir corrente elétrica, formado por compostos iônicos (cloretos, sulfetos, nitratos e fosfatos), além da presença de compostos catiônicos (sódio, magnésio, cálcio, ferro, alumínio e amônio). Outros parâmetros analisados pela sonda, como o oxigênio dissolvido e a turbidez, se mostraram totalmente fora da faixa de detecção das amostras, ora subestimados, ora superestimados, encontrando até valores negativos, indicando a necessidade de realizar uma revisão, ou no caso, um aprimoramento no equipamento de medição.

A comparação com os resultados obtidos em estudos semelhantes desenvolvidos por (PALMA, 2016; COSTA, 2017 e SEMRAU, 2017) trazem algumas reflexões interessantes para presente estudo.

No trabalho desenvolvido por (PALMA, 2016), realizado no Ribeirão Rodeador, com um pequeno grupo de estudantes, serviu como o trabalho pioneiro na área de Engenharia Ambiental a tratar do monitoramento de qualidade da água com o enfoque da ciência cidadã. Os resultados apresentados pelo autor mostram que os valores encontrados para os diversos parâmetros analisados não apresentam a mesma acurácia, tampouco a mesma faixa de detecção dos reagentes, contudo os resultados encontrados foram melhorando progressivamente em relação às análises anteriores, pelo maior engajamento dos alunos no projeto.

Em sequência, no ano de 2017, duas pesquisas deram continuidade ao trabalho, realizando análises de amostras de qualidade da água na mesma bacia do Rodeador (COSTA, 2017) e na bacia do Ribeirão Santa Maria (SEMRAU, 2017).

No caso de (COSTA, 2017), o autor encontrou excelentes resultados para os parâmetros temperatura, pH e nitrito, sendo o último o mais preciso em relação a comparação do kit com as análises laboratoriais. Já em relação aos parâmetros, nitrato, amônia e oxigênio dissolvido, foi possível constatar uma discrepância maior entre os valores obtidos pelo kit e os valores encontrados nas análises de laboratório. No trabalho de (SEMRAU, 2017), bons resultados também foram obtidos para os indicadores temperatura, pH e nitrito, e obteve resultados abaixo do esperado para os parâmetros biológicos, de Coliformes Totais e Fecais.

Estas comparações são fundamentais para entender a dificuldade de produzir e analisar os resultados obtidos no presente trabalho, que dá continuidade aos três trabalhos supracitados, reforçando a importância de se realizar o monitoramento pelo enfoque da ciência cidadã.

Os dados coletados, tanto pela via tradicional, quanto pelo enfoque da ciência cidadã, foram analisadas para se tornarem informações palpáveis à realidade dos estudantes da escola parque da natureza sendo compartilhadas e divulgadas para a comunidade em que o projeto está inserido. Contribuindo com o acesso à informação sobre a qualidade ambiental dos corpos hídricos. Com isso, no presente estudo, foi continuamente validado o uso desse tipo de enfoque no monitoramento hídrico ao passo que os resultados convergem para uma informação conclusiva.

5.4. DEPOIMENTO DOS CIENTISTAS CIDADÃOS

O monitoramento da qualidade da água com enfoque da ciência cidadã apoia-se na educação ambiental para se transmitirem conhecimentos da engenharia ambiental, relacionando as duas para se atingir os objetivos de engajar a população a se comprometerem com a quantidade e qualidade dos corpos hídricos que os cercam e que fazem parte do seu dia a dia. A compreensão acerca da dinâmica hidrológica fica a cargo da desenvoltura do indivíduo e do grau de interesse do mesmo com o meio ambiente, em especial a água. Desse modo, para captar a compreensão subjetiva de cada estudante, foi necessário questionar os estudantes a prestarem seus depoimentos em forma de carta ao Córrego Chapadinha (Apêndice A).

Os depoimentos apresentados a seguir indicam que os objetivos de integrar os estudantes com a ciência cidadã e com o córrego foram atingidos, indicando bons resultados em relação a esse tipo de abordagem, além de reforçar o fato de que a qualidade da água é importante para usuários e habitantes que convivem com o corpo hídrico, não apenas para se gerarem estatísticas de qualidade da água que não retornam como informações para os diversos usuários.

A Figura 5.30 representa as oficinas de integração dos estudantes com o córrego chapadinha, na qual os alunos deixaram seus depoimentos a respeito do seu entendimento sobre o córrego e suas dinâmicas de quantidade e qualidade.

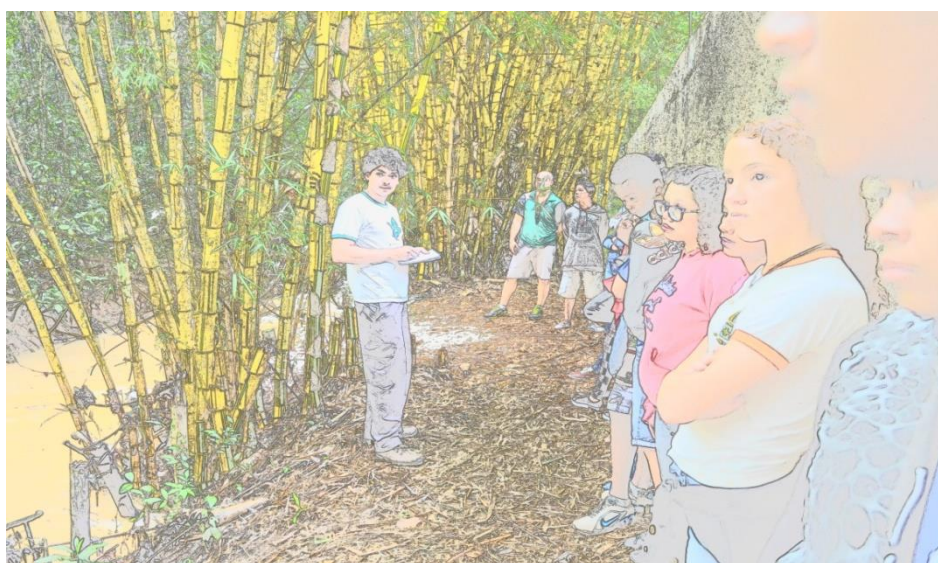


Figura 5. 30 – Oficina de integração dos cientistas cidadãos no Córrego Chapadinha, Brazlândia/DF.

Entre os depoimentos analisados, destaca-se o depoimento da cientista cidadã nº 1, pois ele trouxe a reflexão da questão da água e seu paradoxo em torno do valor que esse recurso tem para os seres vivos.

“A água é importante, por que sem água a gente não vive. E se o ser humano não cuidar, quem vai?! Por isso o ser humano tem que aprender a valorizar em quanto há tempo”.

Parte do depoimento da cientista cidadã nº 1.

Outro depoimento que retrata a internalização do conhecimento por parte dos estudantes, foi feito pela cientista cidadã 2, que ressaltou a questão da água ser o constituinte universal dos organismos vivos.

“70 % do nosso corpo é composta por água, só sobrando 30 % [para outras finalidades]. Sem água não tem como vivermos, [por] alguns dias sem água, [até] conseguimos, [contudo], muito tempo sem água, ficamos desidratados. (...) Tudo é feito por água, suco, comida e seres vivos dependem de água. Sem água não conseguimos viver. Nem as plantas e animais”.

Parte do relato da cientista cidadã nº 2.

Outros estudantes deixaram seu depoimento de modo a responder questões específicas sobre o conhecimento adquirido nas oficinas e vivências, e alguns expressaram os conhecimentos em forma de desenho do Córrego Chapadinha, Figuras 5.31 e 5.32.

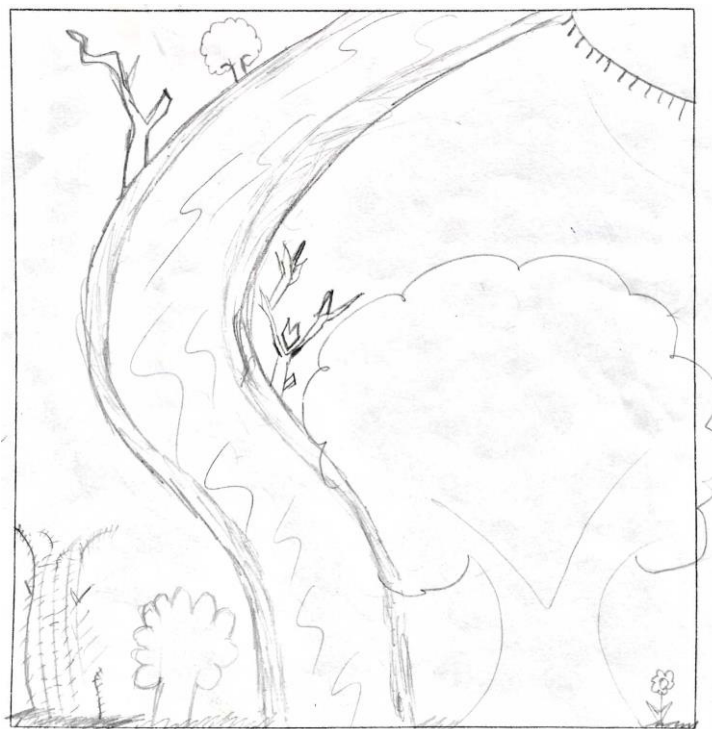


Figura 5. 31 - Desenho do córrego Chapadinha parte 1, cientista cidadã n° 3.

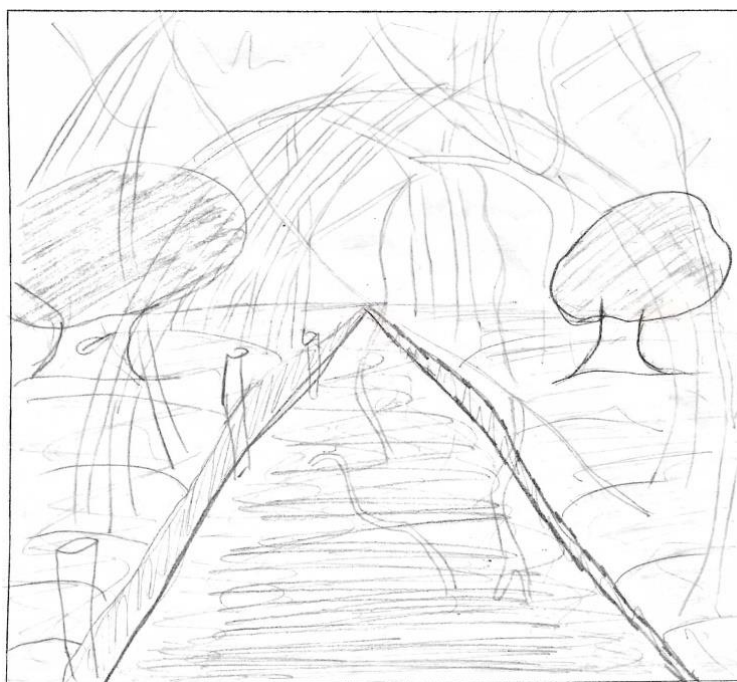


Figura 5. 32 - Desenho do córrego Chapadinha parte 1, cientista cidadã n° 4.

Em relação ao questionamento se a construção de novos bairros em Brazlândia poderia danificar o córrego na sua quantidade e qualidade, o cientista cidadão n° 5, respondeu a questão muito bem, de acordo com seu entendimento.

“[A construção de novos bairros vai prejudicar] sim, por que irão derrubar árvores e com isso a quantidade [de água] vai diminuir, o número de pessoas irá aumentar, junto com a poluição, e [com isso], não haverá qualidade boa”.

Parte do relato cientista cidadão nº 5.

Diante do questionamento do quão importante é se preservar o meio ambiente, a cientista cidadã nº 6, trouxe, em sua resposta o pertencimento do ser humano na natureza, e não dissociado dela, princípio básico para a sustentabilidade de desenvolvimento do ser humano na terra.

“[preservar o meio ambiente é importante para] Tudo. O meio ambiente é um pedaço da nossa vida. Ela é a casa dos animais, e um lugar nosso”.

Parte do relato da cientista cidadã nº 6.

Em resposta ao questionamento sobre de que forma o lixo irregular e o esgoto clandestino podem afetar os córregos da sua cidade, o cientista cidadão nº 7, retratou de forma clara e objetiva os impactos que os resíduos sólidos domiciliares gerados, pode causar no meio ambiente, em especial, no corpo hídrico.

“Prejudica de muitas formas, por que contamina com lixo [os rios], mata os peixes e não pode ser usado para ingerir, por causa das infecções que podem acontecer”.

Parte do relato da cientista cidadã nº 7.

A última questão, da carta ao córrego chapadinha, retratava o planejamento e gestão ambiental, reforçadas com o questionamento sobre futuro e como é a expectativa dos estudantes em relação à posterioridade do córrego em questão. Quanto à pergunta de como os estudantes gostariam de ver o córrego, daqui a 10 anos, o

cientista cidadão que mais expressou sua resposta de forma sucinta e concisa, foi o cientista cidadão nº 8.

“[Gostaria de ver o córrego chapadinha] mais cheio, mais limpo, e não quero vê-lo poluído. (...) Quero ver as pessoas tirando fotos nele”.

Parte do relato da cientista cidadã nº 8.

Após se analisar os depoimentos dos estudantes da Escola Parque da Natureza de Brazlândia, percebe-se o engajamento dos mesmos, quando o assunto é meio ambiente e preservação dos corpos hídricos. A compreensão de que a água é vital para os seres vivos está intrinsecamente ligado à qualidade de educação, transmitidas aos mais jovens, sendo de suma importância o papel da Escola Parque da Natureza, no dia a dia dos estudantes e a forma de como a escola lida com assuntos relacionados à educação ambiental, artística, física e educação patrimonial.

O objetivo de integrar os cientistas cidadãos com o córrego que cerca os perímetros da escola foi alcançado. A internalização dos conhecimentos adquiridos nas oficinas e vivências tornam os cientistas mais empoderados a cerca da qualidade da água e do compromisso que cada um tem com a preservação do meio ambiente para garantir a qualidade de vida da população.

5.5. APLICATIVO PARA CELULAR E SITE

Com o objetivo de promover uma ligação estreita entre os indicadores de qualidade da água e à comunidade em seu entorno, foi criado um aplicativo (Eco Cidades Brazlândia) de coleta de dados e informações para a plataforma *Android* de *smartphones* e *tablets*. Para este aplicativo, foi desenvolvido um mecanismo que permite aos usuários compartilharem a qualidade ambiental dos parâmetros estabelecidos do EcoKit de monitoramento cidadão, juntamente com a localização geográfica do dado em questão, possibilitando ter essas informações exibidas e avaliadas por outros usuários como marcadores em um mapa.

O APP foi desenvolvido em colaboração um desenvolvedor-programador. O projeto serviu como uma ferramenta de coleta de dados na plataforma adaptável de software *Sapelli Colector* (EXCITES, 2018). Para o desenvolvimento e atualização do

aplicativo, foi utilizada a ferramenta de versionamento de projetos Git, e hospedado no serviço GitHub. Seu código-fonte está disponibilizado publicamente em (GITHUB, 2018).

A Figura 5.33 apresenta a interface gráfica do aplicativo, parte referente à qualidade da água, que é em forma de toque na tela para acessar a chave de decisão dos ícones e então adicionar um dado referente aos indicadores de qualidade.

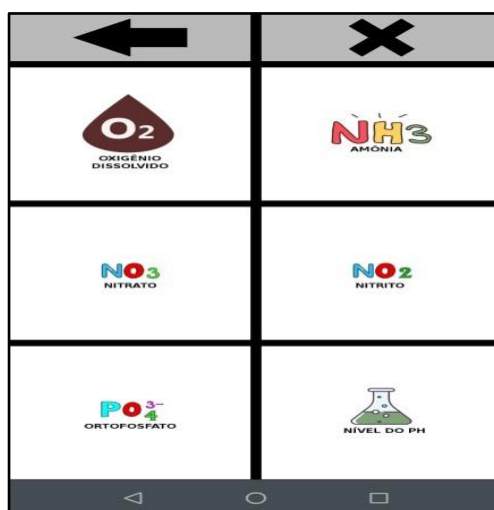


Figura 5. 33 – Interface gráfica do aplicativo Eco Cidades Brazilândia – Parâmetros de Qualidade da Água.

Desse modo, com o parâmetro escolhido, o aplicativo irá pedir para que indique o valor encontrado para o indicador em questão, Figura 5.34, e depois pede que adicione uma foto da amostra para então salvar o dado com a respectiva localização geográfica, Figura 5.35.



Figura 5. 34 – Interface gráfica do aplicativo Eco Cidades Brazilândia – Inserção do valor medido.

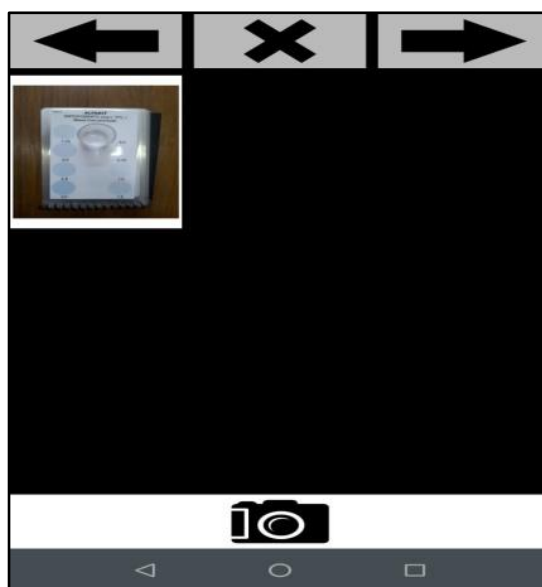


Figura 5. 35 - Interface gráfica do aplicativo Eco Cidades Brazilândia – Inserção da imagem.

O aplicativo apresentou também a oportunidade de registrar outros problemas ambientais que se relacionam com a qualidade da água, como a presença de lixo, o esgoto, a erosão, entre outros problemas com que os estudantes pudessem se deparar, Figura 5.36. As imagens ficam registradas no aplicativo que os redireciona para a nuvem de informações na internet, com a possibilidade de baixar os dados gerados pelo site desenvolvido.

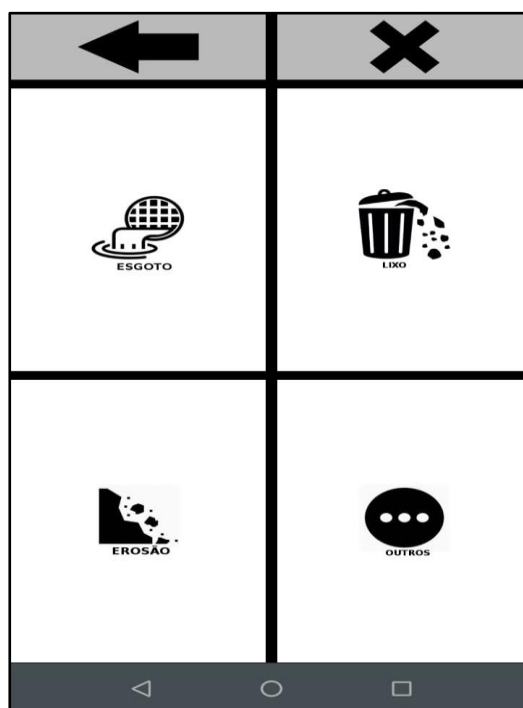


Figura 5. 36 - Interface gráfica do aplicativo Eco Cidades Brazilândia – Outros Problemas ambientais.

Através da mesma ferramenta de versionamento de projetos Git e hospedado no serviço GitHub, foi possível desenvolver um sítio eletrônico para o projeto em questão, para ser o domínio que recebesse os dados enviados do projeto pelos cientistas cidadãos e para que mais voluntários pudessem apoiar e participar do projeto.

O Site foi projetado para promover uma ligação dos estudantes da escola parque da natureza e a comunidade de Brazlândia com os assuntos relacionados à água, a respeito da conservação dos ambientes aquáticos. Além desse objetivo, tem se o aplicativo e o site para democratizar os meios de acesso à informação sobre recursos hídricos. A Figura 5.37, demonstra a pagina inicial do site desenvolvido para o projeto ciência cidadã.

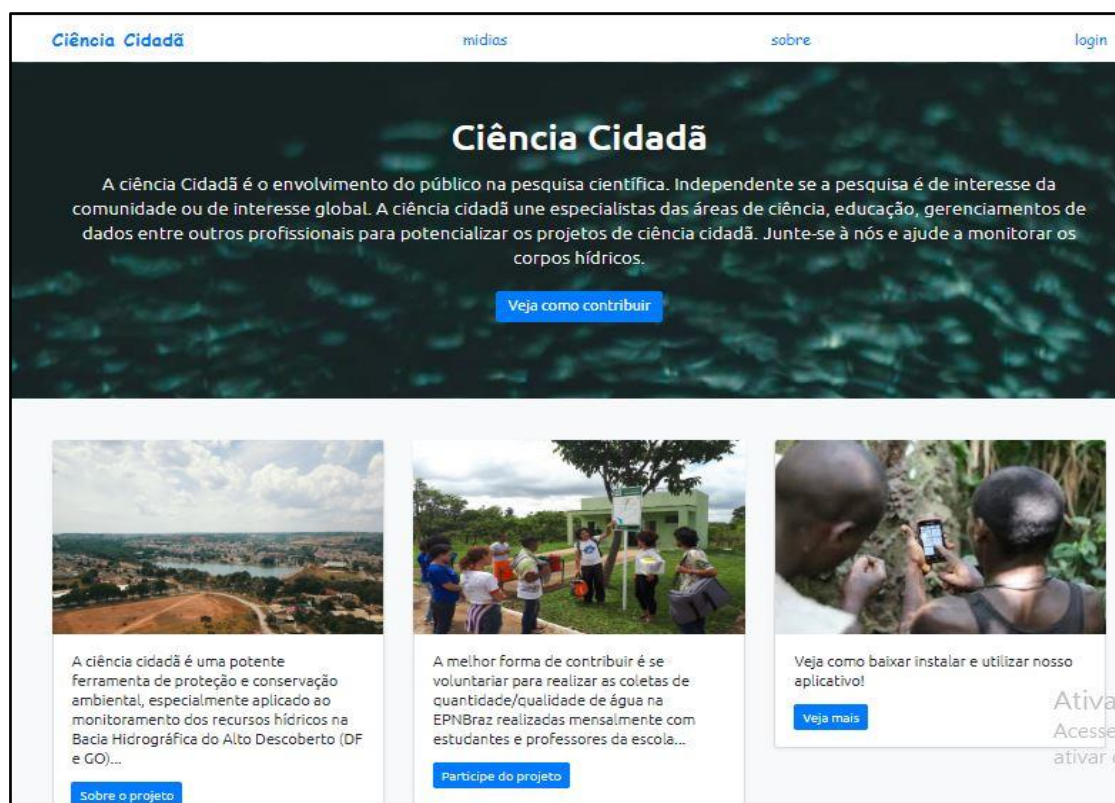


Figura 5. 37 – Página inicial do site desenvolvido para o projeto ciência cidadã.

O site apresenta também uma aba direcionada para que mais voluntários possam contribuir, de acordo com a Figura 5.38, com orientações para baixar, instalar e enviar os dados coletados, com o intuito de envolver mais pessoas no monitoramento de corpos hídricos e criar um banco de dados georreferenciados da qualidade da água.

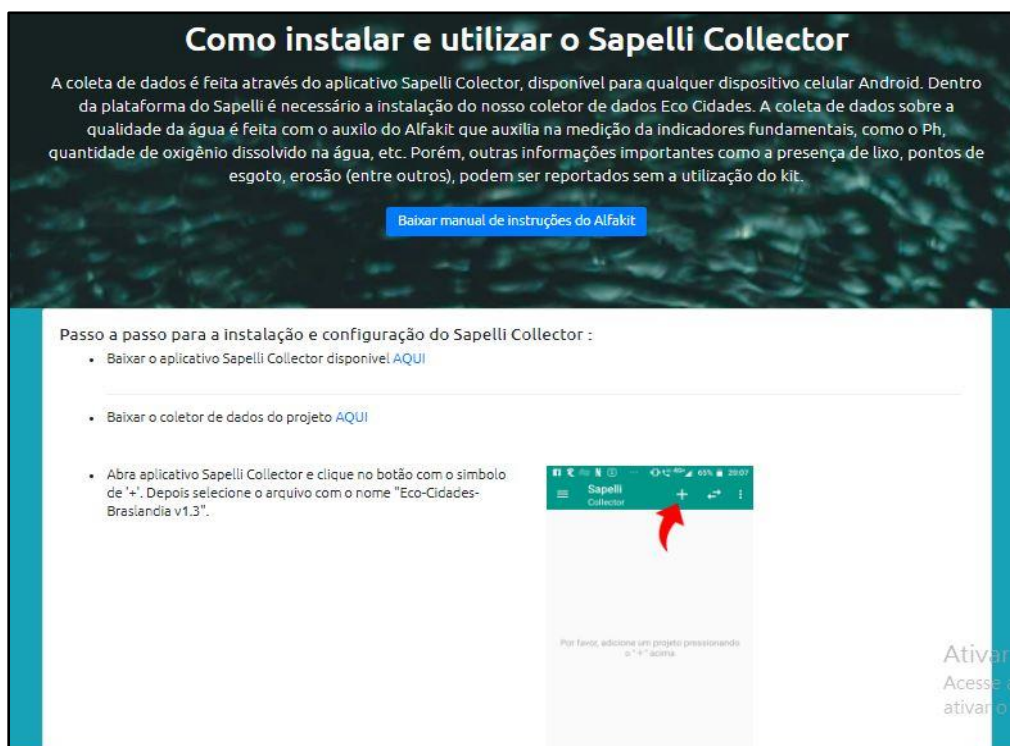


Figura 5. 38 - Página do site desenvolvido para o projeto ciência cidadã – como contribuir.

Por fim, o site apresenta uma aba direcionada à apresentação de imagens, mídias, adquiridas pelo autor do projeto, para compor o acervo e facilitar a compreensão da noção de bacia hidrográfica, córregos e lago da cidade, além de imagens da Escola Parque da Natureza de Brazlândia, Figura 5.39.

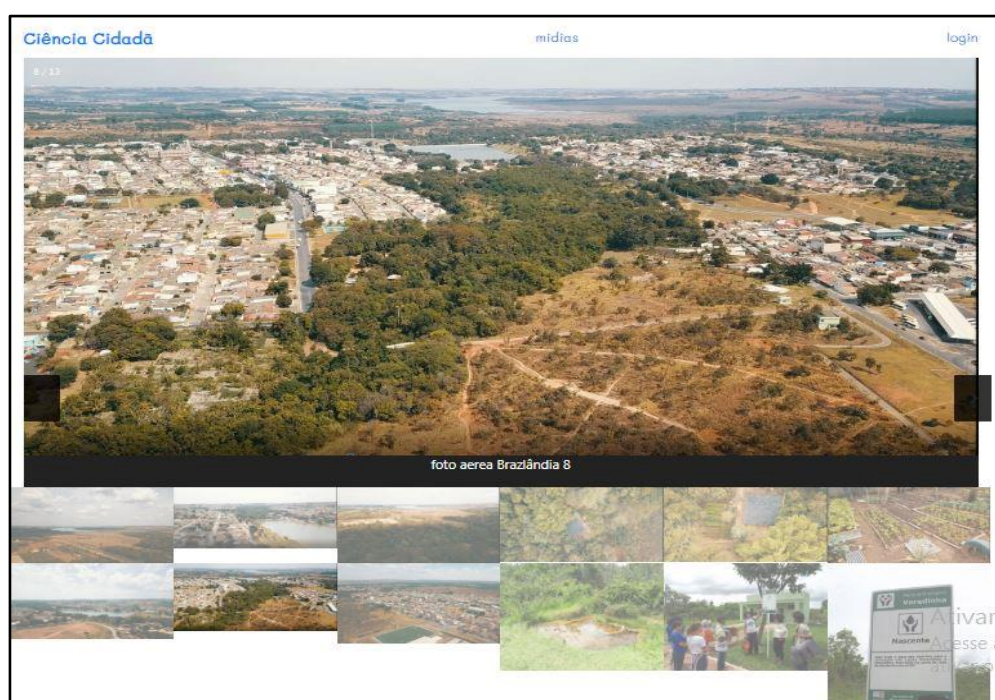


Figura 5. 39 – Página do Site desenvolvido no projeto ciência cidadã – Mídias.

O aplicativo e o site foram submetidos a um período de testes de 2 meses, entre setembro e novembro de 2018, para celulares na plataforma *Android* e disponibilizados na internet. O aplicativo recebeu, neste período, uma série de alterações que resultaram na geração de várias versões até a chegada da versão atual do projeto, Eco Cidades Brazilândia v 1.3.

Durante o período de testes o aplicativo foi ativado e aberto a receber contribuições de qualidade da água e de problemas associados. Ao todo, mais de 25 contribuições foram registradas, cada qual com sua localização geográfica, demonstrando o interesse por parte dos estudantes de contribuírem com o projeto de ciência cidadã de forma virtual, além da contribuição presencial nas coletas, oficinas e vivências.

O conteúdo do programa denominado Eco-Cidades-Brazilândia (v 1.3) facilitou a aquisição de dados por meio dos voluntários, pois venceu as barreiras da acessibilidade funcional, permitindo a realização de pesquisas sem a utilização de texto, com base em um sistema de interação por toque em imagens.

Acessibilidade mais do que necessária para se adaptar à região do projeto no momento em que lidamos com voluntários de todos os graus de escolaridade e de acesso à informação. O aplicativo além de estimular a visita ao aplicativo no dia da análise para a inserção de dados, estimulou também, a conscientização ambiental dos estudantes com a disponibilização de links relativos ao projeto.

O foco do aplicativo foi facilitar a aquisição de dados e a divulgação de resultados. Fora o intuito de manter o cidadão cientista interessado no projeto e alastrar o conhecimento adquirido para fora da sala de aula, atingindo também a comunidade.

O aplicativo seguiu os moldes do projeto ciência cidadã: uma ferramenta a favor da sustentabilidade, do ECOA (2017), porém, modificado para o caso de coleta de dados de monitoramento da qualidade da água, dos parâmetros presentes no Kit. Totalmente adaptados à realidade da comunidade pertencente a Bacia Hidrográfica do Córrego Chapadinha, Brazilândia/DF.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As etapas da metodologia proposta para o monitoramento da qualidade da água com enfoque da ciência cidadã se mostraram eficientes para capacitar os cientistas cidadãos a respeito das questões ligadas à gestão dos recursos hídricos na Sub-Bacia do Córrego Chapadinha.

Os estudantes se motivaram e se engajaram com o projeto desenvolvido na escola. Isto foi demonstrado pelo número elevado de participantes nas oficinas e pelos textos dos depoimentos fornecidos pelos mesmos sobre o Córrego Chapadinha, que se mostraram otimistas em relação ao futuro do córrego e pela boa interpretação dos fatores que podem afetar a qualidade da água.

O Ecolit mostrou-se eficiente para a medição das variáveis pH e temperatura da água. Entretanto, o mesmo não apresentou acurácia para a medida dos outros parâmetros de qualidade da água: oxigênio dissolvido, amônia, nitrato, nitrito e ortofosfatos, devido às limitações de quantificação. Desta forma, sugere-se o aprimoramento do Ecolit para que este modelo de monitoramento seja usado em outras localidades.

O uso do Ecolit, na perspectiva da ciência cidadã, se mostrou capaz de preencher lacunas do banco de dados do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos do Distrito Federal, por gerar dados de qualidade e quantidade de uma localidade que não é monitorada por agências ambientais.

Os resultados obtidos com o desenvolvimento do aplicativo e do site se mostraram eficazes para a divulgação dos dados obtidos, reforçando o intuito de democratização das informações sobre recursos hídricos.

A utilização do VANT, aliado à ferramenta de processamento Pix4Dmapper permitiu a obtenção de imagens ortorretificadas com alta resolução espacial e precisão, necessárias para os estudos geomorfológicos utilizando feições da paisagem num maior nível de detalhamento, com a obtenção, também, de modelos tridimensionais.

A aplicação do aerolevanteamento do parque ecológico foi um sucesso, verificando a possibilidade de utilizar as imagens para o planejamento ambiental, podendo ser útil

para os gestores ambientais da unidade de conservação, com o intuito de preservação e conservação da mesma, para que se protejam os mananciais hídricos da cidade, que contribuirão para abastecer o reservatório do Descoberto.

Conclui-se que o uso do geoprocessamento aplicado a caracterização ambiental, com a geração de produtos cartográficos, é extremamente relevante para o entendimento holístico da bacia hidrográfica na gestão dos recursos hídricos, possibilitando aos educandos e educadores enxergarem a complexidade de camadas que compõe a dinâmica hidrológica.

Conclui-se que a partir da utilização de métodos convencionais e não convencionais de medição quali-quantitativa da água, é difícil estabelecer correlações absolutas quando aplicados métodos totalmente diferentes de análise. Diante disso, busca-se metodologias que facilitem essas correlações, guardadas as devidas proporções.

Recomenda-se a utilização de outros kits de monitoramento que apresentem faixas de detecção mais abrangentes, que englobem as faixas de valores que contemplem as faixas referentes as classes de água da Resolução Conama.

Recomenda-se também, a escolha do Balneário do Lago Veredinha e o Lago Veredinha para estudos futuros de qualidade, através do monitoramento com enfoque da ciência cidadã.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores-NBR 9897**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987a.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Preservação e técnicas de amostragem de efluentes e corpos receptores -NBR 9898**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987b.
- ADASA. Agência Reguladora de Água, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. **Monitoramento dos recursos hídricos do DF**. 2018. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/monitoramento/monitoramento-dos-rh-do-df>. Acesso em: 09 jul. de 2018.
- ALABAMA WATER WATCH. **Projeto de monitoramento da qualidade da água por meio de cidadãos voluntários, cobrindo as principais bacias hidrográficas do Alabama/EUA**. Disponível em: <http://www.alabamawaterwatch.org>. Acesso em: 24 jun. de 2018.
- ALFAKIT. Ecolite Água Doce/Salgada (Código 6682). **Descrição de kit para controle de qualidade da água**. 2018. Disponível em: <https://alfakit.ind.br/ecokit-tecnico-agua-doce-salgada-cod-6682/1/>. Acesso em: 25 jun. de 2018.
- AMÂNCIO, D. V. et al. **Qualidade da Água nas Sub-Bacias Hidrográficas dos Rios Capivari e Mortes, Minas Gerais**. Revista Scientia Agraria, v. 19, n. 1, p. 75–86, 2018.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas**. 2ª ed. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2014.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: Informe 2016**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2016.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2017.
- AQUARIPARIA. **Cuidando das nossas bacias hidrográficas**. Programa com projetos voltados ao estudo das zonas ripárias. 2018. Disponível em: <http://www.aquariparia.org>. Acesso em: 25 jun. de 2018.
- ARTPORTALEN. **Swedish Species Observation System. Sobre o portal para observação de espécies de plantas, animais e fungos da Suécia**. 2018. Disponível em: <https://www.artportalen.se/Home/About>. Acesso em: 10 jul. de 2018.
- ATAÍDE, D. H. S. **Aplicação de VANT no mapeamento do uso e cobertura do solo e na geração de modelos 3D da paisagem**. 2016.

- ATLÂNTICA, S. M. **Observando os Rios 2018: O retrato da qualidade da água nas bacias da Mata Atlântica**. Março 2018 ed. São Paulo: SOS Mata Atlântica, 2018.
- AUDUBON, Nation Society. **Christmas Bird Count**. 2018. Disponível em: <http://www.audubon.org/Bird/cbc>. Acesso em: 23 jun. de 2018.
- BARROS, A. M. L.; PAIVA, L. F. G.; CISNEIROS, S. J. N. **Desafios da gestão dos usos múltiplos da água para atendimento energético ante a crise hídrica da bacia hidrográfica do Rio São Francisco - Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)**. Bahia Análise & Dados, v. 27, n. 1, p. 259–278, 2017.
- BARTRAM, J.; BROCKLEHURST, C.; FISHER, M. B.; LUYENDIJK, R.; HOSSAIN, R.; WARDLAW, T.; GORDON, B. **Global monitoring of Water Supply and Sanitation: History, Methods and Future Challenges**. International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 11, n. 8, p. 8137–8165, 2014.
- BERTOLINO, L. C.; Mendonça, B. C.; de Oliveira, S. B.; da Luz, A. B.; & Freire, F. R. **Caracterização mineralógica e tecnológica do caulim de Silvânia, Estado de Goiás**. Anuário do Instituto de Geociências, v. 32, n. 2, p. 26-32, 2009.
- BONNEY, R.; SHIRK, J. L.; PHILLIPS, T. B. *et al.* **Citizen science: next steps for citizen science**. Science, v. 343, n. 6178, p. 1436–1437, 2014.
- BRASIL. **Lei nº 4.545, de 10 de dezembro de 1964**. Define sobre a reestruturação administrativa do Distrito Federal, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 10 dez. de 1964.
- BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 09 jan. de 1997.
- BRASIL, CONAMA. **Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000**. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Publicada no DOU nº 18, de 25 de janeiro de 2001, Seção 1, páginas 70-71. 2002.
- BRASIL, CONAMA. **Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005**. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Seção 1, p. 58-63. 2005.
- BTO. British Trust for Ornithology. **Sobre o instituto independente de pesquisa ambiental que mescla pesquisadores profissionais e cientistas cidadãos**. 2018. Disponível em: <https://www.bto.org/about-bto>. Acesso em: 09 jul. de 2018.

- BUYTAERT, W.; ZULKAFI, Z.; GRAINGER, S. *et al.* **Citizen science in hydrology and water resources: opportunities for knowledge generation, ecosystem service management, and sustainable development.** *Frontiers in Earth Science*, v. 2, p. 1–21, 2014.
- CARDOSO, M. L. M. **Desafios e potencialidades dos comitês de bacias hidrográficas.** *Ciência e Cultura*, v. 55, p. 40-41, 2003.
- CARMO, M. S.; BOAVENTURA, G. R.; ANGÉLICA, R. S. **Estudo geoquímico de sedimentos de corrente da bacia hidrográfica do Rio Descoberto (BHRD), Brasília/DF.** *Geochimica Brasiliensis*, v. 17, n. 2, p. 106–120, 2003.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem.** *Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo – série relatórios, apêndice a.* 2009.
- CHICAGO WILDERNESS (Organization). **Sobre a aliança regional de preservação da natureza e qualidade de vida de Chicago/EUA.** 2018. Disponível em: <https://chicagowilderness.site-ym.com/page/aboutusnew>. Acesso em: 09 jul. de 2018.
- CLIMATE DATA. **Clima: Brazlândia.** Disponível em: <https://pt.climate-data.org/location/880040>. Acesso em: 24 jun. de 2018.
- CODEPLAN. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. **Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios – Brazlândia – PDAD.** Governo de Brasília, Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão, Brasília, 2015.
- COSTA, A. P. C. **Ciência Cidadã aplicada ao monitoramento hídrico de qualidade da água da água na bacia hidrográfica do Ribeirão Rodeador/DF.** Brasília: UnB, 2017.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia.* São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- CYBERTRACKER. **Sobre a organização sem fins lucrativos que promove uma rede de monitoramento ambiental ao redor do mundo.** 2018. Disponível em: <http://www.cybertracker.org/background/the-cybertracker-team>. Acesso em: 10 jul. de 2018.
- DE CARVALHO, T. M. Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 1, n. 1, p. 73-85, 2008.
- DISTRITO FEDERAL. Administração Regional de Brazlândia. **Conheça Brazlândia RA-IV. 2018.** Disponível em: <http://www.brazlandia.df.gov.br/sobre-a-ra-iv/conheca-brazlandia-ra-iv.html>. Acesso em: 23 jun. de 2018.
- DJI. Especificações do VANT Mavic Pro. 2018. Disponível em: <https://www.dji.com/mavic/specs>. Acesso em: 26 nov. de 2018.

- EARTHWATCH. **Sobre a participação comunitária na coleta de dados científicos para pesquisadores do instituto.** 2018. Disponível em: <http://earthwatch.org/About>. Acesso em: 10 jul. de 2018.
- EBIRD. **Uma base de dados online sobre a abundância e distribuição de aves.** eBird, Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York. 2018. Disponível em: <http://www.ebird.org>. Acesso em: 24 jun. de 2018.
- ECO.A. **Ciência Cidadã uma ferramenta a favor da sustentabilidade.** Campo Grande: ECOA, 2017.
- ECSA. European Citizen Science Association. **Dez princípios da ciência cidadã.** p. 2, 2015.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ).** Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro: 1979.
- EPA. Environmental Protection Agency. **Sobre o projeto de monitoramento voluntário.** 2018. Disponível em: <https://archive.epa.gov/water/archive/web/html/info-2.html>. Acesso em: 10 jul. de 2018.
- ESRI. ArcGis 10.4. Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, CA. 2018. Disponível em: <https://www.esri.com/en-us/home>. Acesso em: 21 nov. de 2018.
- EXCITES. Extreme Citizen Science. **A plataforma Sapelli Collector do grupo de pesquisa da University College London.** 2018. Disponível em: <http://www.sapelli.org/>. Acesso em: 24 nov. de 2018.
- FAO. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **Dia Mundial da Água.** 2018. Disponível em: <https://www.fao.org.br/h2o.asp>. Acesso em: 20 jun. de 2018.
- FAST SCIENCE. **Uma ferramenta colaborativa entre cientistas e cidadãos para a coleta e tratamento de dados científicos.** Disponível em: <https://fastscience.com.br/>. Acesso em: 24 jun. de 2018.
- FRESH WATER WATCH. **Água: um recurso precioso.** Disponível em: <https://freshwaterwatch.thewaterhub.org/pt-br>. Acesso em: 24 jun. de 2018.
- FERREIRA, B. D. O. **Protocolo Rápido de Avaliação Visual Ambiental (PRAVIA) como Instrumento de Monitoramento da Qualidade de água de córregos no DF.** Brasília: UnB - Faculdade de Planaltina, 2016.
- FRASCARELI, D.; ALKIMIN, G. D.; MIZAEI, J. O. S. S. *et al.* **Estudo de caso em escola pública de sorocaba/SP: Do monitoramento da qualidade de água para a sala de aula.** Revista Ciência em Extensão, v. 13, n. 3, p. 171–184, 2017.
- FUNDHAM. Fundação Museu do Homem Americano; CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **A Água e o Berço do Homem Americano.** Piauí, Brasil. 2011.

- GITHUB. Projeto de Ecologia Cidadã no repositório do GITHUB. 2018. Disponível em: <https://github.com/andre bargas/EcologiaCidada/tree/master/EcoCidada>. Acesso em: 28 nov. de 2018.
- GLOBAL WATER WATCH– GWW. **Objetivos da rede GWW**. Auburn University, Alabama, 2018. Disponível em: <http://www.globalwaterwatch.org>. Acesso em: 24 jun. de 2018.
- GLORIA, L. P.; HORN, B. C.; HILGEMANN, M. **Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do índice de qualidade da água - IQA**. Revista Caderno Pedagógico, v. 14, n. 1, p. 103–119, 2017.
- GRAY, S.; JORDAN, R.; CRALL, A. *et al.* **Combining participatory modelling and citizen science to support volunteer conservation action**. Biological Conservation, p. 11, 2016.
- HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basin: hydrophysical approach to quantitative morphology**. Geological Society of America Bulletin, v. 56, n. 3, p. 275, 1945.
- I3GEO. Ministério do Meio Ambiente. **Dados geográficos do Zoneamento Ecológico e Econômico da RIDE/DF**. 2018. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em: 23 nov. de 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Distrito Federal: Panorama, População**. 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/df/panorama>. Acesso em: 08 jul. de 2018.
- IBRAM. Instituto Brasília Ambiental. **Bacias Hidrográficas do DF**. Brasília: Governo de Brasília, IBRAM, Distrito Federal. 2018.
- IDEXX Laboratories, Inc. Colilert®. Produtos de Água: Coliformes Totais e Fecais. EUA, 2002. Disponível em: <https://www.idexx.com/pt-br/water/products/>. Acesso em: 26 nov. de 2018.
- INFOAMAZONIA. **Uma plataforma de dados para a Amazônia**. Disponível em: <https://infoamazonia.org/pt/map=49>. Acesso em: 25 jun. de 2018.
- JORGE, L. C.; INAMASU, R. Y. **Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão**. Embrapa Instrumentação-Capítulo em livro científico (ALICE), 2014.
- KAWAKUBO, F. S.; Morato, R. G.; Campos, K. C.; Luchiari, A.; & Ross, J. L. S. **Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, p. 16-21, 2005.
- LENZ, A. C. **Quem sou eu em uma bacia hidrográfica**. XII Congresso Nacional de Educação, 2015.

- LOLLO, J. A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadricula de Campinas**. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.
- MACHADO, C. J. S. **Recursos hídricos e cidadania no Brasil: Limites, Alternativas e Desafios**. Ambiente & Sociedade, v. 6, n. 2, p. 121–136, 2003.
- MAGALHÃES, I. A. L. **Caracterização da dinâmica espectro temporal florestal da cana-de-açúcar no município de Itapemirim, ES**. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo. 2013.
- MANUELZÃO, Projeto. **Comitê da Bacia Hidrográfica do rio das Velhas**. 2018. Disponível em: <http://www.manuelzao.ufmg.br/>. Acesso em: 23 jun. de 2018.
- MASCARENHAS, L. M. A.; FERREIRA, L. G.; FERREIRA, M. E. **Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na bacia do rio Araguaia**. Revista Sociedade & Natureza, v. 21, n. 1, 2009.
- MCKINLEY, D. C.; MILLER-RUSHING, A. J.; BALLARD, H. L. *et al.* **Citizen science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection**. Biological Conservation, p. 14, 2016.
- MEDEIROS, F. A. **Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em agricultura de precisão**. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- MELO, M. P.; GATTO, A. **Água como bem comum no quadro da governança democrática: algumas reflexões críticas a partir das bases da economia ecológica e sobre a necessidade de um novo direito público**. Revista Novos Estudos Jurídicos-Eletrônica, v. 19, n. 1, p. 95–121, 2014.
- MOURA, L. H. A.; BOAVENTURA, G. R.; PINELLI, M. P. **A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: Bacia do Gama-Distrito Federal**. Quimica nova, v. 33, n. 1, p. 97-103, 2010.
- NUNES, A. B.; LEITE, E. F. **Geoprocessamento aplicado ao estudo de caracterização física e ambiental da bacia hidrográfica do rio areias, no estado do Tocantins**. Espaço em Revista, v. 19, n. 2. 2017.
- OBSERVATÓRIO DA GOVERNANÇA DAS ÁGUAS. **A governança das águas e o enquadramento os corpos de água**. 2017. Disponível em: http://www.observatoriodasaguas.org/artigos/id612713/a_governanca_das_aguas_e_o_enquadramento_dos_corpos_de_agua_o_caso_da_bacia_hidrografica_do_rio_tibagi. Acesso em: 21 jun. de 2018.
- OLIVO, A. D. M.; ISHIKI, H. M. **Brasil Frente À Escassez De Água**. Colloquium Humanarum, v. 11, n. 3, p. 41–48, 2014.
- PADUA, S. **Afinal, qual a diferença entre conservação e preservação?**. Jornalismo Ambiental, O Eco. 2006. Disponível em:

<http://www.oeco.org.br/colunas/suzana-padua/18246-oeco-15564/>. Acesso em: 10 jul. de 2018.

- PALMA, D. A. **Monitoramento de qualidade da água com o enfoque ciência cidadã: estudo de caso em Brazlândia/DF**. Brasília: UnB, 2016.
- PIMENTA, S. M.; BOAVENTURA, G. R.; RIBEIRO, T. G.; PEÑA, A. P. **Qualidade da água e correlação de parâmetros físico-químicos em drenagens urbana e rural de Formosa (GO)**. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 6, n. 1, p. 78–94, 2015.
- PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade da água e poluição.: aspectos físico-químicos**. São Paulo: ABES. p. 285. 2005.
- PONCIANO, L.; BRASILEIRO, F.; SIMPSON, R.; SMITH, A. **Volunteers' engagement in human computation for astronomy projects**. Computing in Science and Engineering, v. 16, n. 6, p. 52–59, 2014.
- PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: Dos ODM aos ODS**. Disponível em: <<http://www.undp.org/content/brazil/pt/home/post-2015.html>>. Acesso em: 22 jun. de 2018.
- QUANTUM, GIS. **QGIS - um sistema de informação livre e aberto**. 2018. Disponível em: https://www.qgis.org/pt_BR/site/. Acesso em: 25 jun. de 2018.
- RABELO, C. G.; FERREIRA, M. E.; ARAÚJO, J. V. G. *et al.* **Influência do uso do solo na qualidade da água no bioma Cerrado: um estudo comparativo entre bacias hidrográficas no Estado de Goiás, Brasil**. Revista Ambiente & Água, v. 4, n. 2, p. 172–187, 2009.
- REBOUÇAS, A. D. C. **Água no Brasil : abundância, desperdício e escassez**. Bahia Análise & Dados, v. 13, n. Especial, p. 341–345, 2003.
- REGITANO, J.; ALLEONI, L. R. F.; TORNISIELO, V. L. **Atributos de solos tropicais e a sorção de imazaquin**. Scientia Agricola, v. 58, n. 4, p. 801-807, 2001.
- ROCHA, J. D. **Subsídios à gestão territorial dos recursos hídrico**. EMBRAPA Gestão Territorial. Colatina, Espírito Santo. 2017. Disponível em: http://mundialagua.confea.org.br/wpcontent/uploads/2017/07/apresent_colatina_josedilcioembrapa.pdf. Acesso em: 10 jul. de 2018.
- SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. **Análise morfométrica das Sub-Bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil**. Revista Ambiente & Água, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012.

- SCHUMM, S. A. **Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey**. Geological Society of America Bulletin, v. 67, n. 5, p. 597- 646, 1956.
- SEGETH, Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação. **Mapa de Uso do Solo da Região Administrativa de Brazlândia**. 2018. Disponível em: <http://geoportal.segeth.df.gov.br/mapa/>. Acesso em: 24 jun. de 2018.
- SEMRAU, C. **Monitoramento da Qualidade da Água com o Enfoque Ciência Cidadã, estudo de Caso no Ribeirão Santa Maria, Novo Gama/GO**. Brasília: UnB, 2017.
- SIEG. Sistema Estadual de Geoinformação do Estado de Goiás. Áreas prioritárias e relatório de campo. 2004. Disponível em: http://www.sieg.go.gov.br/downloads/Areas_prioritarias_Relatorio_Campo1.pdf Acesso em: 26 nov. de 2018.
- _____. Sistema Estadual de Geoinformação do Estado de Goiás. **SIEG download de arquivos ambientais**. 2018. Disponível em: <http://www.sieg.go.gov.br/siegdownload>. Acesso em: 26 nov. de 2018.
- SILVERTOWN, J. **A new dawn for citizen science**. Trends in Ecology and Ecolution, v. 24, n. 9, p. 467–471, 2009.
- SKERMA, I.; LIPORONI, V. **Uso de imagens do drone mavic pro e do software dronedeploy na gestão de uma área de pastagem**. 2018.
- SOUZA, J. R.; MORAIS, M. E. B.; SONADA, S. L.; SANTOS, H. C. R. G. **A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos : caso rio Almada, sul da Bahia, Brasil**. REDE - Revista Eletrônica do Prodema, v. 8, n. 1, p. 26–45, 2014.
- SPERA, S. T.; REATO, A.; MARTINS, E. S. *et al.* **Aptidão agrícola das Terras da bacia do Alto curso do Rio Descoberto. DF/GO escala de 1:100.000**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, p. 1–36, 2003.
- STRAHLER, A. N. **Quantitative analysis of watershed geomorphology**. Eos, Transactions American Geophysical Union, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.
- SULLIVAN, B. L.; AYCRIGG, J. L.; BARRY, J. H. *et al.* **The eBird enterprise: an integrated approach to development and application of citizen science**. Biological Conservation, v. 169, p. 31–40, 2014.
- TAVARES, A. M. F.; VASCONCELOS, F. G.; BENFICA, S. R. *et al.* **Crise hídrica no Distrito Federal no panorama atual (2016-2017)**. VIII Simpósio Nacional de Ciência e Meio Ambiente, v. 8, n. 1, p. 1–27, 2017.
- TRINDADE, G. D. A.; SÁ-OLIVEIRA, J. C.; SILVA, E. **Avaliação da qualidade da água em três Escolas Públicas da Cidade de Macapá , Amapá**. Biota Amazônia, v. 5, p. 116–122, 2015.

- TUNDISI, J. G. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções**. Estudos Avançados, v. 22, n. 63, p. 7–16, 2008.
- UNESCO-WWAP, U. N. W. W. A. P. **World Water Development Report, Water for People, Water for Life**. Bracelona: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) and Berghahn Books, 2003.
- USGS - Serviço de Levantamento Geológico Americano. **Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8**. 2018. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov>. Acesso em: 23 nov. de 2018.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1975.
- VIOLA, M. R.; Mello, C. D.; Acerbi Júnior, F. W. & Silva, A. D. **Modelagem hidrológica na bacia hidrográfica do Rio Aiuruoca, MG**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 13, n. 5, p. 581-590, 2009.
- VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais**. 588 p. – (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v.7). 2007.
- WOLKMER, M. D. F. S.; PIMENTEL, N. F. **Política Nacional de Recursos Hídricos : governança da água e cidadania ambiental**. Sequência, v. 20, n. 2, p. 1–31, 2015.

Carta ao Córrego Chapadinha

Objetivo:

A carta ao Córrego Chapadinha servirá como uma atividade complementar à desenvolvida pelos alunos em parceria com a UnB. Esta carta servirá como o depoimento dos estudantes aos conhecimentos adquiridos durante as oficinas de frente para o Córrego Chapadinha. Os estudantes estão livres para escreverem o que aprenderam, podendo perpassar por alguns pontos destacados abaixo.

- Qual é a nossa relação com a água que nasce no parque veredinha e passa pela escola?
- Quão importante o córrego chapadinha é para cada estudante e cada professor?
- O projeto com a Universidade de Brasília ajuda os integrantes a perceberem o papel que o rio desempenha em nossas vidas?
- Qual a importância de se preservar o meio ambiente?
- Quão importante é a nascente do córrego para os estudantes e professores?
- Qual a importância do Lago Veredinha para a população de Brazlândia?
- De que forma o lixo irregular e esgoto clandestino podem afetar os córregos da cidade?
- Quais outros fatores de poluição podem afetar a qualidade da água do córrego ou lago?
- A construção de novos bairros em Brazlândia pode danificar o córrego na sua quantidade e qualidade?
- De que forma o aprendizado sobre o córrego em relação à sua preservação são repassados para os parentes e familiares?
- O projeto de Ciência Cidadã que analisa a quantidade e qualidade da água do Córrego Chapadinha é importante para a integração do estudante com a natureza que o cerca?
- Como gostaríamos de ver o Córrego daqui a 10 anos? (mais cheio, mais vazio, mais sujo, mais limpo?).

Por parte da UnB e dos integrantes dos projetos Ciência Cidadã e AquaRiparia, agradecemos de antemão a colaboração de cada estudante, cada professor e membros da coordenação da Escola Parque da Natureza de Brazlândia pelo total apoio e suporte oferecido ao desenvolvimento das atividades. Somos muito gratos à essa nova parceria concretizadas no decorrer dessas ações.